

INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS

76

JULIO-DICIEMBRE 2021



INSTITUTO INTERUNIVERSITARIO DE GEOGRAFÍA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



INSTITUTO INTERUNIVERSITARIO
DE GEOGRAFÍA

INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS

La publicación de este número ha sido posible gracias a la obtención de una ayuda del Vicerrectorado de Investigación y Transferencia de Conocimiento de la Universidad de Alicante.

<https://web.ua.es/es/vr-investi>

REDACCIÓN

[Instituto Interuniversitario de Geografía](#). Universidad de Alicante
Carretera de San Vicente del Raspeig s/n. 03690, San Vicente del Raspeig - Alicante (España)
Tlfno: (34) 965903400 Ext. 3380 – Fax: (34) 965909485
Correo electrónico: investigacionesgeograficas@ua.es – Sitio web: www.investigacionesgeograficas.com



Los trabajos se publican bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](#), salvo que se indique lo contrario.
Las opiniones reflejadas en los textos que componen *Investigaciones Geográficas* son responsabilidad exclusiva de sus respectivos autores/as.

ISSN (hasta 2012): 0213-4691
ISSN (electrónico): 1989-9890

DOI: 10.14198/ingeo
Depósito legal: A-52-1983

ÍNDICE





Geografía de la renta de los hogares en España a nivel municipal: nuevos datos y nuevas posibilidades de geovisualización, exploración y análisis espacial en entornos <i>cloud</i>	9
<i>José Ojeda Zújar, Pilar Paneque Salgado, Esperanza Sánchez Rodríguez y Juan Pedro Pérez Alcántara</i>	
Urbanización, crecimiento y expectativas del planeamiento urbanístico en las áreas urbanas intermedias españolas (1981-2018)	31
<i>Carme Bellet Sanfeliu y Gonzalo Andrés López</i>	
Percepción social de las repercusiones paisajísticas de la urbanización dispersa en espacios rurales del entorno litoral mediterráneo	53
<i>Matías Mérida Rodríguez, María Jesús Perles Roselló y Juan Francisco Sortino Barrionuevo, David Carruana Herrera</i>	
Movilidad residencial intraurbana de los españoles y extranjeros en Zaragoza (España): diferentes espacios, distintos procesos	75
<i>Severino Escolano-Utrilla, Carlos López-Escolano y Ángel Pueyo Campos</i>	
Airbnb: ¿economía colaborativa o nuevo modelo de negocio? Evidencia empírica reciente desde una ciudad de tamaño medio como Bilbao	97
<i>Itziar Aguado-Moralejo, Carmen Echebarria y José M. Barrutia</i>	
Cambios en las pautas de localización de las bodegas del entorno de la ciudad de Borja (Zaragoza).....	119
<i>Samuel Esteban Rodríguez y Julio Fernández Portela</i>	
Al servicio de una ciudad en expansión. Casimiro Meseguer Bonet, Director de Caminos del ayuntamiento de Valencia (1874-1914)	141
<i>Alfredo Faus Prieto</i>	
Análisis espacial de la expansión urbana y la incidencia de las políticas habitacionales en la ciudad de General José de San Martín (Provincia del Chaco, Argentina)	163
<i>Julio César Meza y Mirta Liliana Ramírez</i>	
Accesibilidad y equidad espacial al transporte público para pacientes con enfermedad neurodegenerativa en Santiago de Cali, Colombia.....	179
<i>Camila Andrea Wilches Astudillo, Ciro Jaramillo y Jackeline Murillo-Hoyos</i>	
Riesgos atmosféricos y cambio climático: propuestas didácticas para la región mediterránea en la enseñanza secundaria	195
<i>Álvaro-Francisco Morote Seguido y Jorge Olcina Cantos</i>	
Preservación del medio natural en los Reales Sitios del entorno de Madrid.....	221
<i>María del Pilar García Rodríguez y Beatriz Álvarez García</i>	
Understanding the effect of shifting cultivation practice (slash-burn-cultivation-abandonment) on soil physicochemical properties in the North-eastern Himalayan region	243
<i>Gaurav Mishra, Krishna Giri, Abhishek Jangir, Duraisamy Vasu & Jesús Rodrigo-Comino</i>	
Evaluación de variables meteorológicas modeladas para determinar el clima de ciudades costeras argentinas.....	263
<i>Federico Ferrelli, María Luján Bustos, Gerardo M. E Perillo y María Cintia Piccolo</i>	
Zonificación agroecológica del partido de Benito Juárez (Argentina): agriculturización y consecuencias ambientales en una porción de la Región Pampeana Argentina	285
<i>Nahuel David Sequeira, Patricia Vazquez, Mónica Sacido y Daiana Yael Daga</i>	
Evaluación de los usos del suelo y la erosión hídrica en la subcuenca hidrográfica montañosa del Oued Ourtza (Pre-Rif Oriental, Marruecos)	309
<i>Abdellatif Tribak, Rafael Baena-Escudero, Inmaculada Concepción Guerrero-Amador, Zakariae Amhani, Mohammed Abahrour, Abdelkader El Garouani y Khalid Arari</i>	

ARTÍCULOS

Cita bibliográfica: Ojeda Zújar, J., Paneque Salgado, P., Sánchez Rodríguez, E., & Pérez Alcántara, J.P. (2021). Geografía de la renta de los hogares en España a nivel municipal: nuevos datos y nuevas posibilidades de geovisualización, exploración y análisis espacial en entornos *cloud*. *Investigaciones Geográficas*, (76), 09-30. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18993>

Geografía de la renta de los hogares en España a nivel municipal: nuevos datos y nuevas posibilidades de geovisualización, exploración y análisis espacial en entornos *cloud*

Geography of household income in Spain at municipal level: new data and new possibilities for geovisualization, exploration, and spatial analysis in cloud environments

José Ojeda Zújar^{1*} 
Pilar Paneque Salgado² 
Esperanza Sánchez Rodríguez³ 
Juan Pedro Pérez Alcántara⁴ 

Resumen

En el contexto del cuarto paradigma científico, la Geografía cuenta con una oportunidad única para desarrollar nuevas formas de investigación mediante el diseño y uso de herramientas de geovisualización, exploración y análisis de datos espaciales en plataformas *cloud*, así como para explotar nuevas fuentes de datos. El objetivo de este trabajo es analizar diferentes variables e indicadores del *Atlas de distribución de renta de los hogares* a nivel municipal para el año 2017, a través del desarrollo de una aplicación web que permite realizar análisis exploratorios de datos espaciales e identificar nuevas hipótesis de trabajo que, finalmente, ayuden a seleccionar y definir las metodologías de análisis. Esta exploración preliminar se basa en las posibilidades de geovisualización multiescalar (geovisores web) y de interacción con los datos en los clientes web, a través del uso de herramientas de filtrado, agrupación o análisis (*widgets*), así como en las posibilidades de identificación y caracterización de una serie de conglomerados (clústeres), que permiten avanzar en la comprensión de la distribución espacial de la renta y sus fuentes de ingreso en España. Los resultados muestran nuevas tipologías territoriales y patrones espaciales que, además, contribuyen a superar ciertas creencias o ‘estigmas’ territoriales. Este trabajo quiere ser una primera aportación a un proyecto más amplio sobre patrones espaciales y desequilibrios territoriales en España que, además, pueda contribuir a consolidar una nueva forma de hacer Geografía.

Palabras clave: Renta; ingresos; desigualdad; geovisor web; clústeres; España.

1 Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Sevilla, España. zujar@us.es. * Autor para correspondencia

2 Departamento de Geografía, Historia y Filosofía. Universidad Pablo de Olavide, de Sevilla, España. ppansal@upo.es

3 Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Sevilla, España. esanchez@us.es

4 Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Sevilla, España. jpperezalcantara@us.es

Abstract

In the context of the fourth scientific paradigm, geography has a unique opportunity to develop new forms of research through the design and use of geovisualization, exploration, and spatial data analysis tools in cloud platforms, as well as to exploit new data sources. The goal of this research is to analyse different variables and indicators in the *Atlas of household income distribution* at the municipal level for the year 2017. A web application is developed that enables exploratory analyses of spatial data and the identification of new hypotheses that help select and define the analysis methodologies. This preliminary exploration is based on the possibilities of multiscale geovisualization (web geoviewer) and interaction with the data in web clients through filtering, grouping, or analysis tools (widgets), as well as the possibilities of identifying and characterising a series of clusters which facilitate understanding the spatial distribution of income and its sources in Spain. The results show new territorial typologies and spatial patterns that contribute to overcoming certain beliefs or territorial ‘stigmas’. This research is an initial contribution to a broader project on spatial patterns and territorial imbalances in Spain that may also contribute to consolidating a new way of doing geography.

Keywords: Income; inequality; web geoviewer; clusters; Spain.

1. Introducción

La ciencia geográfica tiene en estos momentos una excelente oportunidad para demostrar su unicidad y utilidad para hacer aportaciones científicas novedosas que permitan avanzar en un debate informado y riguroso sobre algunos de los grandes desafíos de la sociedad actual. Ello se debe principalmente a que la actual revolución digital —definida por el *big data*, los entornos *cloud*, los geoservicios web o el internet de las cosas— facilita la exploración y análisis de nuevos datos geolocalizados que permiten construir nuevas hipótesis y avanzar en nuevas investigaciones que resulten útiles para la comprensión y la mejor resolución, entre otros, de problemas de interés político y social (Ojeda & Paneque, 2019).

La oportunidad que brinda el contexto de la denominada ‘cuarta revolución industrial’ (Brynjolfsson & McAfee, 2014; Schwab, 2017) es doble. Por una parte, la Geografía cuenta con nuevas herramientas de geovisualización en plataformas *cloud*, que facilitan no solo representar y visualizar variables de forma dinámica sino también introducir nuevas formas de exploración y análisis de datos. El uso de estas herramientas —que se enmarca en el denominado ‘cuarto paradigma científico’ (Gray & Szalay, 2007; Hey, Tansley & Tolle, 2014)— transforma de manera profunda el análisis tradicional de la información geográfica al permitir que se modifique la secuencia de la investigación, esto es, que las hipótesis deriven de la previa exploración de los datos, lo que resulta, sin duda, un cambio sustantivo. Por otra parte, en este contexto, la Geografía también cuenta con datos masivos (Gutiérrez-Puebla, García-Palomares & Salas-Olmedo, 2016; Gutiérrez-Puebla, 2018) muy novedosos, que hacen posible investigar realidades menos conocidas o peor comprendidas hasta el momento, lo que resulta, además, una cuestión clave en el debate existente sobre el propio futuro de la ciencia geográfica (Ash, Kitchin & Leszczynski., 2016; Graham & Shelton, 2013; Johnston *et al.*, 2014; Kitchin, 2013).

Con este telón de fondo, en este trabajo se podría aludir a una ‘Geografía disruptiva’ para hacer referencia a esta nueva forma de explorar y analizar datos geográficos, que permite estudiar aspectos territoriales hasta ahora poco estudiados y confirmar o cuestionar ciertas creencias no siempre bien sustentadas. Para ello, en este trabajo se realiza un análisis novedoso, tanto por su detalle espacial como por su enfoque, utilizando los datos ofrecidos por el *Atlas de distribución de renta de los hogares* —elaborado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) y por la Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT) como parte de sus estadísticas experimentales—, que ejemplifica la nueva información geográfica disponible, antes mencionada, y que no ha recibido atención suficiente por parte de la investigación geográfica española hasta el momento. Con la geovisualización, la exploración y el análisis de estos datos en un entorno *cloud* se persigue construir nuevas hipótesis sobre la distribución espacial de la renta y sus fuentes de ingreso (salarios, prestaciones y otras rentas) a nivel municipal, así como realizar una primera clasificación y segmentación preliminar del territorio nacional en tipologías que permitan su caracterización a partir de estas variables de renta y sirvan como punto de partida para un análisis posterior más detallado con indicadores de desigualdad y a escalas inframunicipales.

1.1. Análisis tradicionales de la distribución de la renta de los hogares en España

La distribución de la renta es un elemento esencial del bienestar de la población y está directamente ligada al estudio de la desigualdad, cuestión que, tras la última crisis económica y financiera, ocupa un lugar aún más central en la agenda científica y política internacional (Ayala, Martín & Vicente, 2020; Castells-Quintana, Ramos & Royuela, 2015; EU, 2019; OECD, 2015). El caso de España es especialmente grave en el contexto europeo: por una parte, desde mediados de los noventa y hasta la crisis de 2007 la desigualdad no se logró reducir a pesar de ser este un periodo caracterizado por una fuerte expansión económica y un intenso crecimiento del empleo. Por otra parte, España se ha visto especialmente afectada por la caída del nivel medio de renta y la acentuación de las desigualdades derivadas de la crisis sufrida a partir de esa fecha (CES, 2013). En concreto, se ha estimado que la renta disponible de los hogares españoles cayó un 20 % desde 2007 —cuando alcanza un máximo de 28.000 €— hasta 2013 y que, además, la distribución de dicha renta ha empeorado (Ayala, 2016; Goerlich, 2016 y 2017), pudiéndose afirmar que las consecuencias de la crisis en términos de pérdida de renta habrían recaído, sobre todo, en los grupos con rentas inferiores (CES, 2013). Esta consolidación de la desigualdad en España contraviene las bases constitucionales⁵ y se convierte en uno de los grandes desafíos tanto de la política estatal como de la europea (OECD, 2020). Así, se han introducido cambios en los criterios de reparto de los fondos comunitarios para el periodo 2021-2027, que se asignarán atendiendo a criterios más integradores —como el desempleo juvenil—, que superan el mero PIB per cápita (EU, 2019).

Hasta el momento, la distribución de la renta se ha estudiado fundamentalmente a través de la Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF)⁶ y de la Encuesta de Condiciones de Vida (ECV)⁷, elaboradas por el INE. La EPF permite conocer el gasto en consumo de los hogares, así como la distribución de dicho gasto entre las diferentes parcelas de consumo, a través de una entrevista personal realizada a una muestra de unas 24.000 viviendas. Por su parte, la ECV proporciona información sobre ingresos, pobreza y privación, igualdad, cuidados y otras cuestiones ligadas al nivel de vida y a la cohesión social, y se elabora a partir de entrevistas personales realizadas a los miembros de una muestra de unos 15.000 hogares. Ambas operaciones estadísticas aportan resultados a nivel nacional y de comunidad autónoma de residencia a partir de las citadas selecciones muestrales, lo que hasta el momento ha sido una limitación importante para analizar la distribución de la renta a escalas de mayor detalle.

En relación con el análisis de la desigualdad de la distribución espacial de la renta a partir de fuentes de origen tributario, hay que destacar el trabajo realizado por la AEAT, que elabora la Estadística de los Declarantes del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas (IRPF) por Municipios⁸, que describe los niveles de renta en el ámbito municipal y ofrece una perspectiva de la renta personal bruta⁹ y la renta disponible¹⁰ de los declarantes de IRPF, aunque solo para los municipios de más de 1.000 habitantes. A este registro se une la Estadística de los Declarantes del IRPF de los Mayores Municipios por Código Postal¹¹, también elaborada por la AEAT, que cuenta con un nivel inframunicipal y complementa la operación estadística antes citada para proporcionar un mayor detalle de la renta bruta media y de las magnitudes declaradas a nivel de distrito postal en municipios que cuenten con más de 200.000 habitantes, más de 100.000 declaraciones de IRPF, o bien con una renta bruta agregada superior a 2.200 millones de euros. En este caso, el trabajo de la AEAT supera la limitación de la naturaleza muestral de las encuestas realizadas por el INE, pero cuenta con el inconveniente de que solo recoge datos sobre los declarantes, no contabilizando las rentas percibidas por aquellos que se sitúan por debajo del umbral de declaración. Por

5 Constitución Española. Artículo 40. 1. Los poderes públicos promoverán las condiciones favorables para el progreso social y económico y para una distribución de la renta regional y personal más equitativa, en el marco de una política de estabilidad económica. De manera especial realizarán una política orientada al pleno empleo.

6 Encuesta de Presupuestos Familiares. Metodología. <https://www.ine.es/metodologia/t25/t2530p458.pdf>

7 Encuesta de Condiciones de Vida. Metodología. https://www.ine.es/daco/daco42/condivi/ecv_metodo.pdf

8 Estadística de los Declarantes del IRPF por Municipios. Metodología. https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/datosabiertos/catalogo/hacienda/Estadistica_de_los_declarantes_del_IRPF_por_municipios.shtml

9 Renta bruta: Es la renta agregada antes de impuestos de los declarantes sin reducciones fiscales incluyendo la renta exenta, lo que confiere a esta variable un carácter atemporal e independiente de la normativa tributaria que resulte de aplicación en cada uno de los ejercicios fiscales.

10 Renta disponible: Es la renta bruta después de impuestos, considerando éstos en sentido amplio al integrar la parte de las cotizaciones sociales del trabajo por cuenta ajena y la cuota resultante de la declaración.

11 Estadística de los Declarantes del IRPF de los Mayores Municipios por Código Postal. Metodología. https://www.agenciatributaria.es/AEAT/Contenidos_Comunes/La_Agencia_Tributaria/Estadisticas/Publicaciones/sites/irpfCodPostal/2016/docf3b3c11a0ea48f9b357661c74ab2d9392f0c5011c.html

último, hay que resaltar el trabajo realizado por la Fundación de Estudios de Economía Aplicada (FE-DEA)¹² para la construcción de la base de datos sobre la renta personal de los municipios españoles y su distribución (series 2004-2007 y 2011-2014), que parte de las muestras anuales de microdatos de IRPF elaboradas por la AEAT para realizar estimaciones de la renta personal¹³ y su desigualdad y concentración a nivel local en municipios de más 5.000 habitantes.

Estas fuentes han permitido hacer análisis longitudinales de interés, que confirman la reducción de la renta media y el incremento de la desigualdad (Anghel *et al.*, 2018; Ayala, 2016; Ayala & Cantó, 2020; Hortas & Onrubia, 2020). No obstante, estas fuentes presentan limitaciones al no permitir realizar análisis a escala municipal para poder conocer de manera detallada cuál es la distribución de la renta según las fuentes de ingreso (Hortas & Onrubia, 2014, 2020; Hortas & Ríos, 2019). Esta cuestión resulta nuclear ya que el aumento del desempleo, el crecimiento del empleo temporal, el descenso de los niveles salariales, los bajos salarios mínimos y la creciente brecha entre los salarios más altos y los más bajos se han identificado como los factores más relevantes a la hora de explicar la desigualdad en España (Ayala & Cantó, 2020; CES, 2013; Davia, 2014; FOESSA, 2015; Goerlich, 2016, 2017; Larraz, Pavia & Herrera, 2020).

1.2. Hipótesis de partida, objetivos específicos y área de estudio

En este trabajo se parte de tres hipótesis que se corresponden con los objetivos específicos que articulan esta investigación:

- a. El *Atlas de distribución de renta de los hogares* (ADRH) constituye una fuente de información novedosa, cuyos datos permiten realizar un avance sustantivo en el estudio de la distribución espacial de la renta y en el análisis de la desigualdad territorial. Así, el primer objetivo de este trabajo es la exploración y presentación de esta nueva fuente de información y las variables que incorpora a nivel municipal.
- b. Las nuevas tecnologías geográficas y los entornos *cloud* permiten la utilización de herramientas web interactivas (*geovisores*, *widgets*, *dashboard*) que posibilitan una geovisualización rápida, multiescalar y una eficiente exploración y análisis de los datos. Aunque se ha avanzado en la construcción de geovisores web por parte de la AEAT y del INE, así como del propio ADRH¹⁴, es cierto que estos siguen presentando clientes para la geovisualización poco dinámicos e interactivos y con limitadas opciones de consulta, filtrado y análisis. Por lo tanto, la propuesta metodológica en este trabajo presenta un aspecto claramente diferenciador: la incorporación a la propia geovisualización (*geovisor web*) de herramientas gráficas interactivas (*widgets*) que filtran o agrupan espacialmente los datos visualizados en tiempo real, además de otras herramientas de análisis espacial que permiten realizar una exploración preliminar exhaustiva y personalizada de esos datos antes de establecer las hipótesis de trabajo. Esto supone, efectivamente, un cambio sustancial respecto al análisis espacial clásico en el que el mapa final, de carácter estático, constituía el resultado final de un proceso investigador. Por tanto, el segundo objetivo del trabajo es la exploración preliminar de los datos a través del desarrollo de aplicaciones web (*geovisores*, *widgets* y *dashboards*) de acceso público, ajustándose a los presupuestos de ciencia abierta, lo que ya es en sí mismo un resultado de la investigación y permite, además, explorar con más detalle posibles hipótesis de trabajo y las metodologías por aplicar en la fase de análisis.
- c. Partiendo de esta exploración preliminar de los nuevos datos de la renta de los hogares a escala municipal podría lograrse una mejor comprensión inicial de su distribución espacial con el uso de clasificaciones en tipologías territoriales (clústeres), construidas a partir de las variables identificadas como más representativas en dicha exploración. Así, el tercer objetivo no es otro que avanzar en el conocimiento sobre la distribución de la renta de los hogares y las fuentes de ingreso, así como construir nuevas hipótesis de trabajo, derivadas de este primer análisis de conglomerados, que serán contrastadas en próximas investigaciones.

12 Renta personal de los municipios españoles y su distribución. <https://www.fedea.net/renta/>

13 Renta personal: incluye información sobre renta imponible agregada, renta media per cápita y por declarante de IRPF y renta mediana.

14 Visor de mapas del ADRH. <https://inespain.maps.arcgis.com/apps/MinimalGallery/index.html?appid=c8b41b2c471845afbc8f8eb20c54382e#>

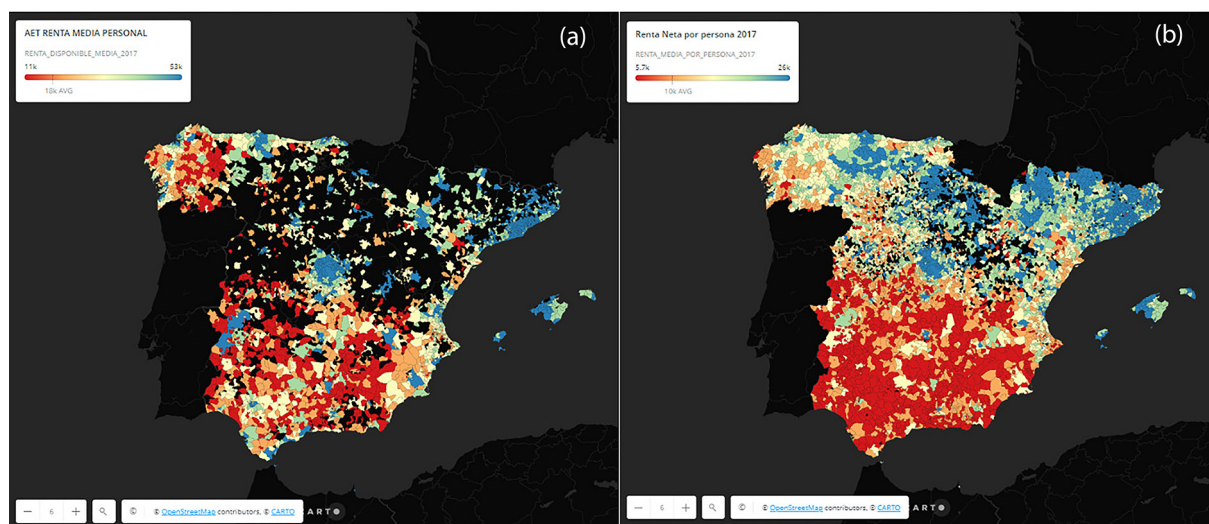
El trabajo que ahora se presenta, de acuerdo con el alcance de los datos del ADRH (INE, 2019, 2020a), se ha llevado a cabo a nivel municipal para el año 2017 y en la totalidad del Territorio de Régimen Fiscal Común, que excluye a la población domiciliada en el País Vasco y Navarra¹⁵. Además, por la aplicación de las normativas de privacidad de datos, quedan fuera del análisis los municipios de menos de 100 habitantes. De esta forma, en este trabajo se analizan datos de 6.308 municipios.

2. Metodología

2.1. Datos temáticos

El ADRH supone un avance sustantivo respecto a las fuentes antes comentadas para el estudio de la distribución de la renta. Desarrollado en el marco de la estadística experimental y formando parte del Sistema Estadístico Europeo¹⁶, permite el análisis municipal e inframunicipal (secciones censales) a partir del enlace de información de población del INE —que forma parte de los trabajos previos al Censo de Población y Viviendas 2021— con datos tributarios de la AEAT¹⁷. Sin duda, se trata de la fuente de datos publicados sobre renta de naturaleza censal (no muestral) con la mayor desagregación a nivel municipal, lo que la hace especialmente adecuada para el análisis espacial. En la Figura 1 se presenta la distribución de la renta media por persona de acuerdo con el alcance geográfico de los datos de la AEAT y del ADRH, respectivamente, pudiéndose observar el avance, en términos de cobertura territorial, que introducen los datos analizados en este trabajo.

Figura 1. Cobertura y distribución territorial de los datos de renta media municipal a partir de los datos tributarios de la AEAT (a) y de los datos del ADRH (b), 2017



Fuente: AEAT, INE. Elaboración propia. Imágenes extraídas de la aplicación web desarrollada

Además de ofrecer una mayor cobertura territorial, los datos del ADRH superan la limitación que supone el carácter muestral de las encuestas sobre renta realizadas por el INE (las ya comentadas EPF y ECV), así como la limitación para el análisis de la desigualdad de los trabajos previos realizados por la AEAT que solo incluyen a los declarantes del IRPF. Como se verá en las siguientes secciones de este trabajo, el hecho de contar con información de renta de los no declarantes (aquellos que se sitúan por debajo del umbral de declaración), así como con información de las distintas fuentes de ingreso e indicadores de desigualdad, otorga al ADRH y al trabajo que aquí se presenta de un carácter original en relación con los análisis desarrollados hasta el momento.

15 Hasta la última actualización de diciembre de 2020, el ADRH excluía a País Vasco y Navarra, dado que no se disponía de información de distribución de renta de las cuatro Haciendas Forales (Bizcaia, Gipuzcoa, Álava y Navarra). En la actualización realizada en esa fecha, la información se amplía al incorporar datos de algunas Haciendas Forales.

16 European Statistical System (ESS). Experimental Statistics. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/ess/experimental-statistics>

17 Atlas de distribución de renta de los hogares (ADRH). Proyecto técnico. Diciembre 2020. https://www.ine.es/experimental/atlas/exp_atlas_proyecto.pdf

Como novedad de su última edición (de 20 de diciembre de 2020), el ADRH ha incorporado, para los años 2015, 2016 y 2017 (a nivel de sección censal, distritos y municipios) distintos indicadores de renta media y mediana por persona y hogar, renta bruta media por persona y hogar, distribución por fuentes de ingreso (hasta finales de 2020 en porcentaje y desde diciembre de 2020 en euros), el porcentaje de población con ingresos por unidad de consumo inferiores o superiores a determinados niveles de renta¹⁸, así como el indicador de distribución de la renta P80/P20 (cociente entre el percentil 80 y el 20) y el índice de Gini. Igualmente, de forma complementaria, incorpora una serie de indicadores demográficos elaborados a partir del fichero precensal de población de cada año; en particular: la edad media de la población, los porcentajes de población menor de 18 años y mayor de 65 años, el tamaño medio del hogar, el porcentaje de hogares unipersonales y la población residente en viviendas familiares.

En este trabajo se analizan, a nivel municipal, y exclusivamente para el año 2017, los siguientes indicadores (Figura 2):

- a. La renta bruta y neta media por persona, definida como la suma en un ámbito geográfico de todas las rentas brutas y netas encontradas¹⁹ dividido entre el total de personas “encontradas” que residen en ese ámbito geográfico; y la renta neta y bruta media por hogar (Figura 2a), definida como la suma en un ámbito geográfico de todas las rentas brutas y netas asociadas a hogares encontradas, dividido entre el total de hogares encontrados de ese ámbito geográfico²⁰.
- b. Distribución de la renta bruta media por fuentes de ingreso (en %, de acuerdo con la metodología de INE, 2019; y en euros, de acuerdo con la de INE, 2020a), definida como la suma en un ámbito geográfico de todos los ingresos procedentes de la fuente en cuestión dividido entre la suma de todos los hogares o personas “encontrados” en ese ámbito. De las tres fuentes de ingreso diferenciadas por la AEAT —salarios; prestaciones (pensiones, desempleo, otras prestaciones); y otras rentas (del capital, de la renta de inmuebles, etc.)— el ADRH distingue cinco categorías (Figura 2b-f):
 - Salarios: salarios, aportación del empleador a planes de pensiones y seguros colectivos, indemnizaciones por despido y trabajos en el extranjero.
 - Pensiones: pensiones de jubilación, que incluye mayoritariamente las pensiones de viudedad, junto con las pensiones por jubilación ordinaria, anticipada y otras.
 - Prestaciones de desempleo: Prestaciones por desempleo sujetas y prestaciones por desempleo exentas.
 - Otras prestaciones: renta de emancipación y otras prestaciones exentas (prestaciones de incapacidad, prestaciones de dependencia, prestaciones familiares, becas exentas, otras prestaciones exentas y deducciones familiares).
 - Otros ingresos: rentas del capital mobiliario, rentas por arrendamiento de inmuebles, rendimientos de actividades económicas, renta imputada y otras (renta inmobiliaria imputada y otras rentas de regímenes especiales).

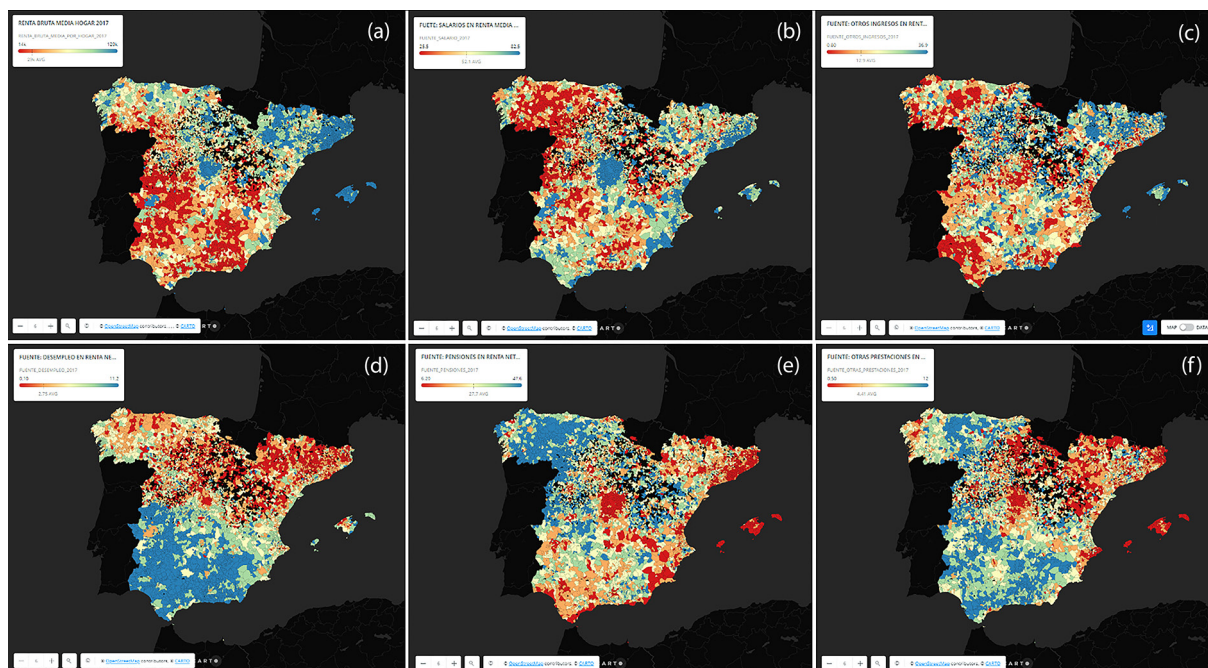
En las seis imágenes de la Figura 2 puede comprobarse, a simple vista, la presencia de evidentes patrones espaciales en la distribución de la renta bruta media por hogar y sus fuentes de ingreso. Por otra parte, los datos de la Tabla 1 constatan que las fuentes que más contribuyen proporcionalmente a las rentas brutas medias municipales en relación con los ingresos de mercado son los salarios (con medias del 52 % y 6.363 €) y las que realizan una contribución mayor en relación con las prestaciones son las pensiones (con medias del 27,7 % y 3.255 €).

18 i) Porcentaje de población con ingresos por unidad de consumo por debajo de determinados umbrales fijos (5.000, 7.500, 10.000); y, ii) Porcentaje de población con ingresos por unidad de consumo por debajo de determinados umbrales relativos expresados como porcentaje de la mediana (umbrales considerados, obtenidos a partir de la propia distribución de los ingresos por unidad de consumo: 40%, 50%, 60%, 140%, 160% y 200% de la mediana). Además, para estos indicadores se ofrecen también datos desagregados por sexo, grupos de edad (menores de 18 años, de 18 a 64 años, de 65 y más años) y la nacionalidad (españoles, extranjeros), pudiéndose cruzar la variable sexo con tramos de edad y nacionalidad.

19 Se considera que un hogar se ha “encontrado” si aparece información de renta para alguno de sus miembros en alguno de los modelos de la AEAT utilizados por el ADRH. Una persona se considera “encontrada” si reside en un hogar encontrado (INE, 2020a).

20 En la actualización del ADRH, de 20 diciembre de 2020, la información primaria del indicador renta neta del hogar proviene de distintos formularios de la AEAT y, a diferencia de la ECV, incluye las retribuciones en especie y las rentas imputadas.

Figura 2. Distribución espacial de la renta bruta media por hogar (a) y de las fuentes de ingreso (%), 2017: salarios (b), otros ingresos (c) y prestaciones —desempleo (d), pensiones (e) y otras prestaciones (f)—



Fuente: INE. Elaboración propia. Imágenes extraídas de la aplicación web desarrollada

Tabla 1. Contribución de las fuentes de ingreso a las rentas brutas medias (%) y la renta bruta media por persona (€), 2017

		%	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Mercado	Salarios	52,1	52,1	10,7	25,5	82,5
	Otros ingresos	12,9	12,9	5,4	0,8	36,9
Prestaciones	Pensiones	27,7	27,7	8,7	6,2	47,6
	Otras prestaciones	4,4	4,4	1,9	0,5	12,0
	Desempleo	2,8	2,8	2,0	0,1	11,2
		€	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Mercado	Salarios		6.363	2.332	1.562	23.471
	Otros ingresos		1.698	943	60	14.134
Prestaciones	Pensiones		3.255	1.065	745	7.845
	Otras prestaciones		502	179	110	1.116
	Desempleo		297	152	62	839

Fuente: INE. Elaboración propia

2.2. Datos espaciales y geometría

La geometría de los municipios se ha obtenido del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica²¹ (formato *shapefile*) que, para la escala municipal, proporciona la geometría de la España peninsular, Ceuta, Melilla y Baleares, separados de los de Canarias y referida a sistemas de referencia de coordenadas geográficas diferentes (ETRS89 y WGS84, respectivamente). La geometría de los municipios se corresponde con su distribución en julio de 2019.

21 Centro Nacional de Información Geográfica. sf. Centro de descargas. Recuperado de <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/>

2.3. Tratamiento de datos y generación de una base de datos espacial

El volumen de datos a manejar para integrar todas las variables del ADRH —no solo los municipales utilizados en este artículo— ha exigido la incorporación y modelado de las mismas en una base de datos espacial, que no solo es necesaria como un elemento básico de la aplicación web desarrollada, sino que también permitirá establecer controles de calidad para la validación de los datos con el uso de sentencias SQL, además del cálculo de nuevas variables.

Todas las variables e indicadores del ADRH utilizados se modelaron e importaron como tablas al gestor de bases de datos espacial PostgreSQL/PostGIS y, para este trabajo, se han extraído exclusivamente los datos referidos a los municipios mediante una consulta SQL basada en la longitud del campo que contiene el código²², obteniéndose una tabla por conjunto de indicadores de renta media, fuentes de ingreso e indicadores demográficos.

Por su parte, la geometría de los municipios (descargada originalmente en formato *shapefile*) se ha normalizado pasando todos los polígonos municipales al sistema de referencia de coordenadas WGS84, ya que será este el que utilice la aplicación web. Posteriormente, se ha importado este *shapefile* a la base de datos PostgreSQL/PostGIS²³, generando una tabla que contiene los códigos INE del municipio y la provincia, así como los nombres del municipio, la provincia y la comunidad autónoma, además de la geometría que define los municipios (*Multipolygon*). Los datos de renta se han asignado a la geometría de cada municipio mediante una consulta SQL que une ambas tablas a través del campo del código INE del municipio, que ambas comparten. De esta forma se dispone de tres tablas con referencia espacial, una por cada grupo de indicadores.

Para evaluar la calidad de los datos se han realizado consultas SQL para identificar tanto entidades espaciales para las que no se dispone de datos de renta como la posible existencia de datos de renta que no se hubieran podido asignar a ninguna entidad con geometría. En el primer grupo se han identificado siete municipios, todos en Andalucía²⁴, que se corresponden con segregaciones aprobadas en octubre de 2018. La falta de datos se debe, por tanto, a su inexistencia en las fechas para las que se dispone de indicadores (2015, 2016 y 2017), de manera que estos polígonos se han debido unir a los que representan los municipios de los que se segregaron. Por otra parte, no se ha podido constatar la existencia de datos de renta que no se puedan asignar a ninguna entidad existente en la tabla de municipios.

2.4. Generación y diseño de una aplicación web para la exploración y visualización de los datos en un entorno cloud

Para realizar la geovisualización, la exploración, el análisis y la descripción de la distribución espacial de los datos del ADRH se ha desarrollado una aplicación web que incluye una serie de clientes ligeros en un entorno *cloud* (geovisores, *widgets* y *dashboards*), que responde a una de las prioridades de la Unión Europea en materia de ciencia abierta²⁵, esto es, facilitar el acceso, la explotación y la difusión de los resultados de la investigación a través de internet. Como parte de esta aplicación web se han desarrollado cinco geovisores y una serie de componentes dinámicos e interactivos (*widgets*) integrados en distintos *dashboards*, que facilitan la visualización de salidas gráficas y cartográficas de los datos analizados —tanto a expertos como a la población en general, lega en la materia, siendo esta una de sus principales ventajas—, así como la personalización de las consultas a través de la selección de variables y de una serie de filtros que se resuelven en tiempo real (rango de los valores de las variables, valores máximos y mínimos de cada variable, etc.). La opción del filtrado de información permite la creación de multitud de visualizaciones a partir de una sola capa de información y el análisis de solo aquellos datos que sean objeto de estudio. En concreto, en este trabajo se utiliza la herramienta *Builder* de la plataforma *cloud* de la empresa CARTO²⁶.

2.5. Análisis de conglomerados (clústeres)

La exploración previa de los datos a través de los *widgets*, desarrollados e integrados junto al geovisor web, sirve de punto de partida para realizar un conjunto de análisis de conglomerados, como nuevos ele-

22 El código municipal consta de 5 caracteres, el de los distritos de 7 y el de las secciones de 10.

23 Mediante la aplicación PostGIS Bundle 3 for PostgreSQL x64 12 Shapefile and DBF Loader Exporter.

24 San Martín del Tesorillo, Fuente Carreteros, La Guijarrosa, Fornes, Torrenueva Costa, La Zarza-Perrunal y El Palmar de Troya.

25 European Open Science Cloud (EOSC). <https://ec.europa.eu/research/openscience/index.cfm?pg=open-science-cloud>

26 CARTO Builder. <https://carto.com/builder/>

mentos de análisis exploratorio preliminar de los datos espaciales, con el que se quiere responder al tercer objetivo específico de este trabajo: realizar un conjunto de clasificaciones y una caracterización tipológica de los territorios en función de la distribución de la renta bruta media a escala municipal según las fuentes de ingresos (tanto en su expresión en porcentaje como en euros), a partir de los datos del ADRH. Con ello se persigue la identificación de una serie de clústeres —a modo de primeras taxonomías espaciales—, que cumplan la condición de que los datos observados en cada uno de ellos sean lo más homogéneos posible en cuanto a las variables analizadas (porcentaje de renta obtenida por cada una de las cinco categorías de fuentes de ingreso o su expresión en euros), al tiempo que cada clúster quede lo más claramente diferenciado del resto respecto a esas mismas variables. Existen muchos tipos de análisis de conglomerados en el contexto del análisis multivariable; en este caso se ha utilizado un tipo análisis de conglomerados integrado en ArcGIS 10.8²⁷, con el que se pretende obtener una primera tipología de conglomerados ‘naturales’, en línea con el objetivo de este artículo de hacer una primera presentación de esta fuente de datos y valorar su potencialidad. Se ha elegido esta opción con la intención de realizar un análisis multivariable clásico sin incorporar ninguna variable espacial en su análisis (*no_spatial_constraint*) y con una selección aleatoria de los elementos a partir del que comienzan los procesos de asignación a los clústeres (*random seeds*). Al seleccionar la opción *no_spatial_constraint*, para el agrupamiento se utiliza un algoritmo de K-medias.

En segundo lugar, y de forma complementaria, se ha realizado un análisis de *clúster* y *outlier*²⁸, utilizando el índice de ‘I Anselin local de Moran’ para el indicador de renta neta media por persona —en este caso, comparando los resultados obtenidos con diferentes definiciones de vecindad tanto en ArcGIS 10.8 (150 km) como en la herramienta que para este análisis ofrece la propia plataforma de CARTO (5 vecinos)—, con el objetivo de incorporar la influencia de esta variable espacial (la proximidad/contigüidad de los recintos de los municipios vecinos a cada municipio) en la distribución del valor de la renta neta media por persona a nivel municipal. El resultado de este análisis es un conjunto de conglomerados con continuidad espacial que identifica agrupaciones de puntos calientes (municipios con valores altos rodeados de altos, municipios con valores bajos rodeados de bajos) y valores atípicos (altos rodeados de bajos y bajos rodeados de altos). Las tablas con los resultados de estos análisis se incorporan posteriormente a la base de datos espacial y se relacionan con el resto de las variables por la presencia en las tablas de resultados del código INE de cada municipio, lo cual permitirá su geovisualización, así como la interacción con el resto de los indicadores a través de los *widgets* de la aplicación web.

3. Resultados

3.1. Aplicación web para la geovisualización, exploración interactiva y análisis

Los resultados de la aplicación web se concretan en una serie de enlaces a diferentes clientes web (geovisores y *dashboards*) que permiten una exploración espacial y gráfica de los datos. El producto utilizado de la plataforma *cloud* de CARTO (*Builder*) permite a los usuarios de la plataforma, en primer lugar, la creación de tablas en el gestor de bases de datos espacial PostgreSQL/PostGis (en el *back-end* de la aplicación web), con un simple *plug and play* de los datos a analizar, facilitando la importación de estos en distintos formatos (Excel, Shapefile, GeoJson, Geopackage, etc.), o bien con el acceso a una base de datos remota. En este caso, como se ha explicado anteriormente, se ha creado una base de datos con el mismo gestor de base de datos, lo que ha permitido realizar los controles de validación en el propio gestor y ha facilitado su conexión a la plataforma.

Una vez integrada la base datos municipal con los indicadores seleccionados en la plataforma de CARTO, la herramienta *Builder* permite numerosas posibilidades para la geovisualización (generación de semiología, agregación de la información puntual a estructuras teseladas multiescalares, animación de series temporales, etc.), la exploración interactiva (utilización de *widgets* categóricos, de histogramas, de fórmulas o de series temporales) y el análisis de los datos (superposición, filtrado, generación de clústeres, etc.). Tras decidir cómo visualizar los datos (semiología), el tipo de *widgets* (categóricos, de histograma, etc.) a utilizar para su exploración, agrupación y filtrado interactivo o el análisis a aplicar a los mismos, su publicación en internet a través de un cliente ligero es directa y automática, sin que se requiera el uso de

27 Herramienta *grouping* dentro de conjunto de herramientas de análisis estadístico espacial; ver: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/grouping-analysis.htm>

28 <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/cluster-and-outlier-analysis-anselin-local-moran-s.htm>

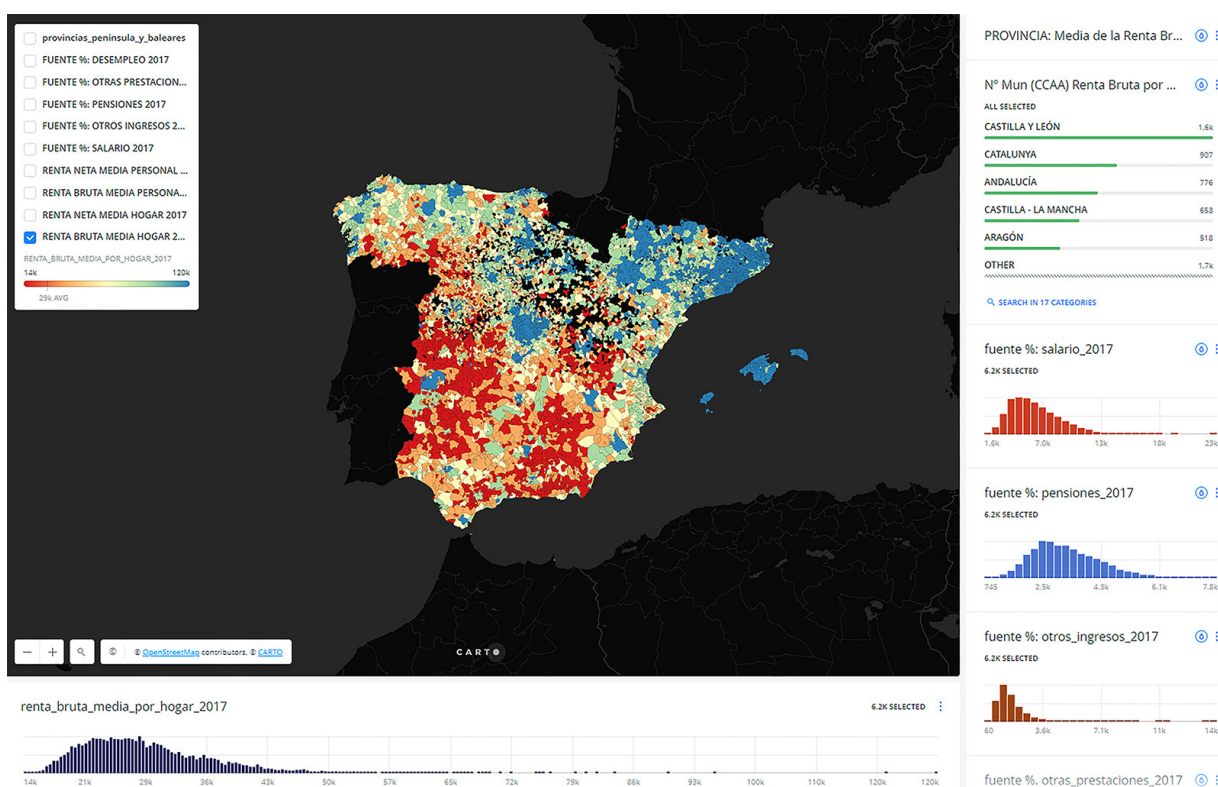
código. Para este trabajo se han generado cinco clientes ligeros —como ejemplo de algunas de las posibilidades que permite el tratamiento de esta fuente de información en entornos *cloud*— que se convierten en el principal resultado, ofrecido en abierto, de la investigación.

Los clientes web están orientados a la exploración preliminar de los datos y, por lo tanto, la geovisualización cartográfica es dinámica, a diferencia de los mapas analógicos estáticos o algunos geovisores web con servicios de mapas clásicos; es decir, la semiología (cuantiles, intervalos iguales, etc.) y la leyenda (rango de valores) se recalculan cada vez que se utiliza cualquier *widget* para filtrar los datos. Por otra parte, utiliza la proyección WGS84 Web Mercator (EPSG 3857) y la escala de visualización se adecua a los niveles de *zoom* genéricamente utilizados en la mayor parte de las aplicaciones de *web mapping* y los principales proveedores de mapas en línea (OpenStreetMap, Google, Mapbox, ESRI, etc.). Finalmente, cuando se activa una capa en el geovisor web, se activan los *widgets* que interactúan con ella (filtrado, agregación, etc.)²⁹. Esta característica es crítica para la exploración preliminar de los datos espaciales y es uno de los rasgos que diferencia este visor del ofrecido por el propio ADRH, antes mencionado.

A continuación, se presentan las características de los cinco clientes, cuyo acceso se realiza a través de un hipervínculo sobre el nombre de cada uno de ellos y, para obtener información complementaria sobre los mismos, se puede acceder igualmente a través de la página web <https://www.geo-patterns.es/>:

- a. **Cliente 1**: presenta algunos de los indicadores utilizados en este trabajo, es decir, la renta neta y bruta media por hogar y persona, así como los porcentajes de las fuentes de ingreso (salarios, pensiones, desempleo, otras prestaciones y otros ingresos) para su geovisualización (leyenda y semiología). Cada una de las variables lleva asociado un *widget* de histograma que permite la selección y filtrado de cada una de estas variables individualmente y, además, la capa renta bruta media por hogar puede interactuar con los cinco *widgets* de fuentes de ingreso y con dos *widgets* categóricos que permiten la agregación y filtrado espacial a nivel de provincia y de comunidad autónoma (Figura 3).

Figura 3. Cliente 1

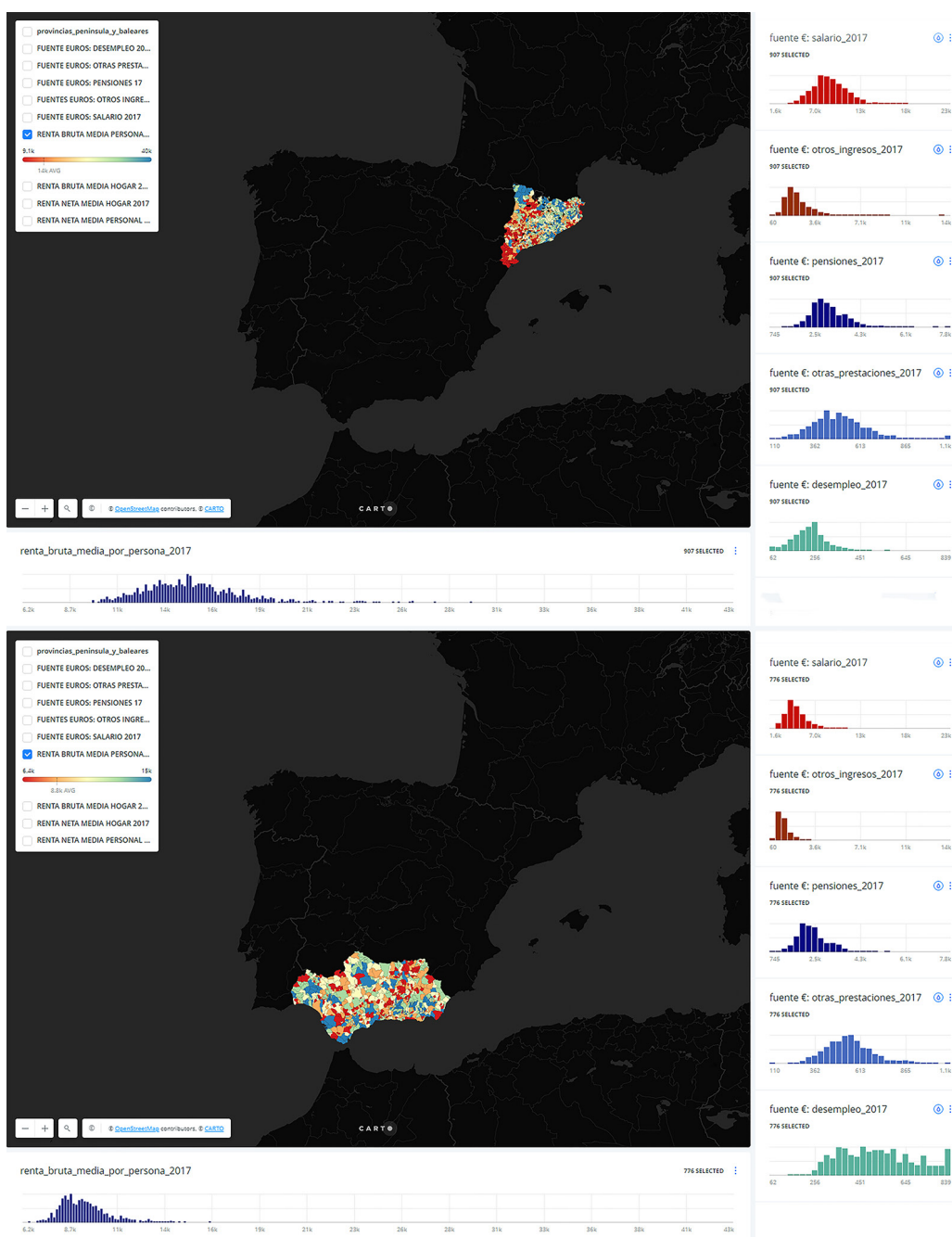


Fuente: AEAT, INE. Elaboración propia. Imagen extraída de la aplicación web desarrollada

²⁹ Para optimizar su uso y posibilidades consultar el siguiente enlace. <https://carto.com/help/tutorials/using-builder/#widgets>

b. **Cliente 2:** muestra los mismos indicadores de rentas medias y, este caso, se sustituyen las capas de fuentes en porcentaje por las fuentes expresadas en euros para su geovisualización interactiva y su exploración individual con su *widget* de histograma correspondiente. Además, se introduce la posibilidad de que todos los *widgets* de fuentes de ingreso (tanto en % como en €) y los *widgets* categóricos que agregan por comunidades autónomas y provincias interactúen con una misma capa que, en este cliente, es la renta media bruta por persona. Con ello, se amplía el potencial de exploración preliminar de los datos. Así, a modo de ejemplo, en la Figura 4 se muestra la posibilidad de comparar datos entre dos comunidades autónomas (seleccionándolas en el *widget* categórico correspondiente), actualizándose en tiempo real la expresión gráfica y los valores (histogramas) de las cinco variables de distribución de las fuentes de ingreso en euros.

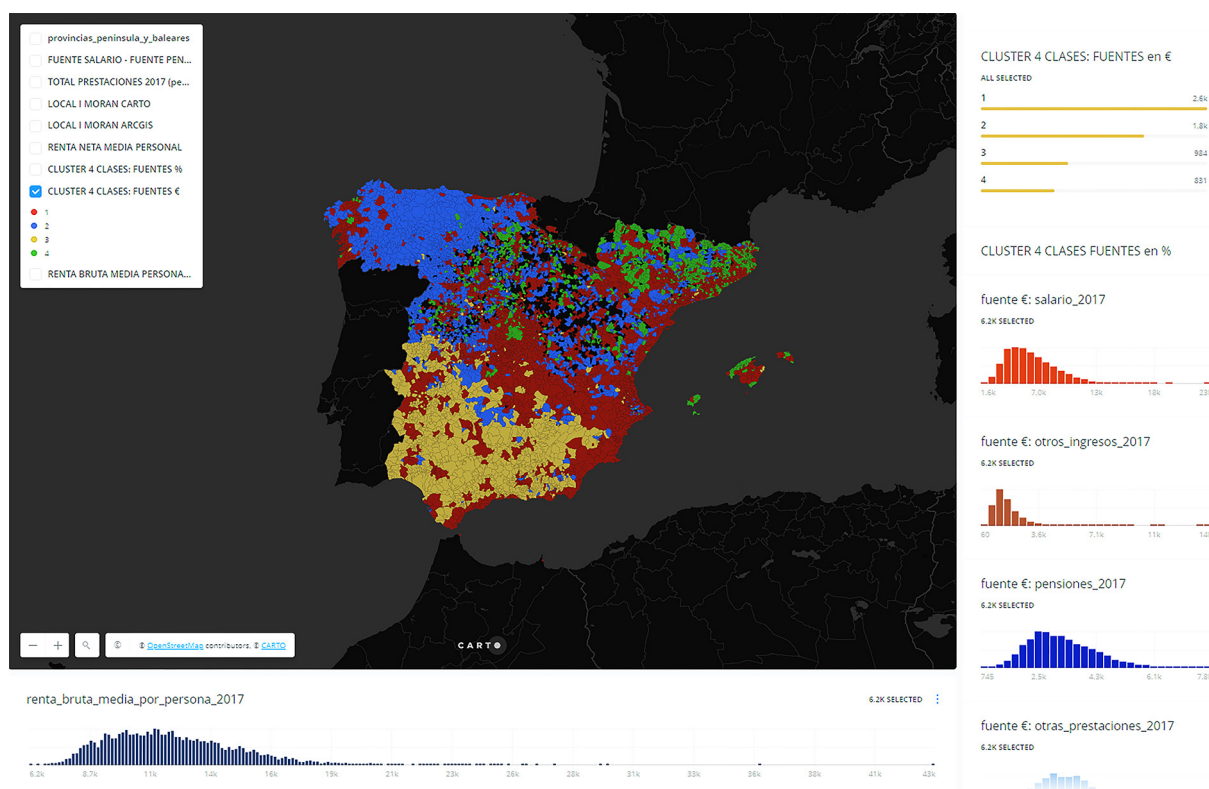
Figura 4. Cliente 2



Fuente: AEAT, INE. Elaboración propia. Imágenes extraídas de la aplicación web desarrollada

- c. **Cliente 3:** este cliente (Figura 5) recoge los resultados del análisis de conglomerados (clústeres) que se explican en el siguiente epígrafe (3.2). La visualización de la capa renta bruta media por persona lleva asociada: i) un conjunto de *widgets* de histogramas para su filtrado, uno por cada variable de fuentes, tanto en porcentaje como en euros; ii) *widgets* categóricos para cada uno de los clústeres creados (uno con fuentes en porcentaje y otro en euros), permitiendo el filtrado y la agregación con las clases de cualquiera de ellos; y, iii) otros dos *widgets* para la agregación espacial por comunidades autónomas (número de municipios) o provincias (renta neta media). Igualmente se incluyen las capas que representan los dos resultados del análisis de clúster y *outliers* (local I Moran) realizados con el indicador de renta neta media por persona, la cual puede ser filtrada por *widgets* categóricos de comunidades autónomas y provincia. Finalmente, se han incorporado dos capas calculadas: el sumatorio en euros de todas las prestaciones (pensiones + desempleo + otras prestaciones) y la resta en euros de la principal fuente de ingreso del mercado menos la principal fuente de prestaciones (salarios - pensiones).

Figura 5. Cliente 3

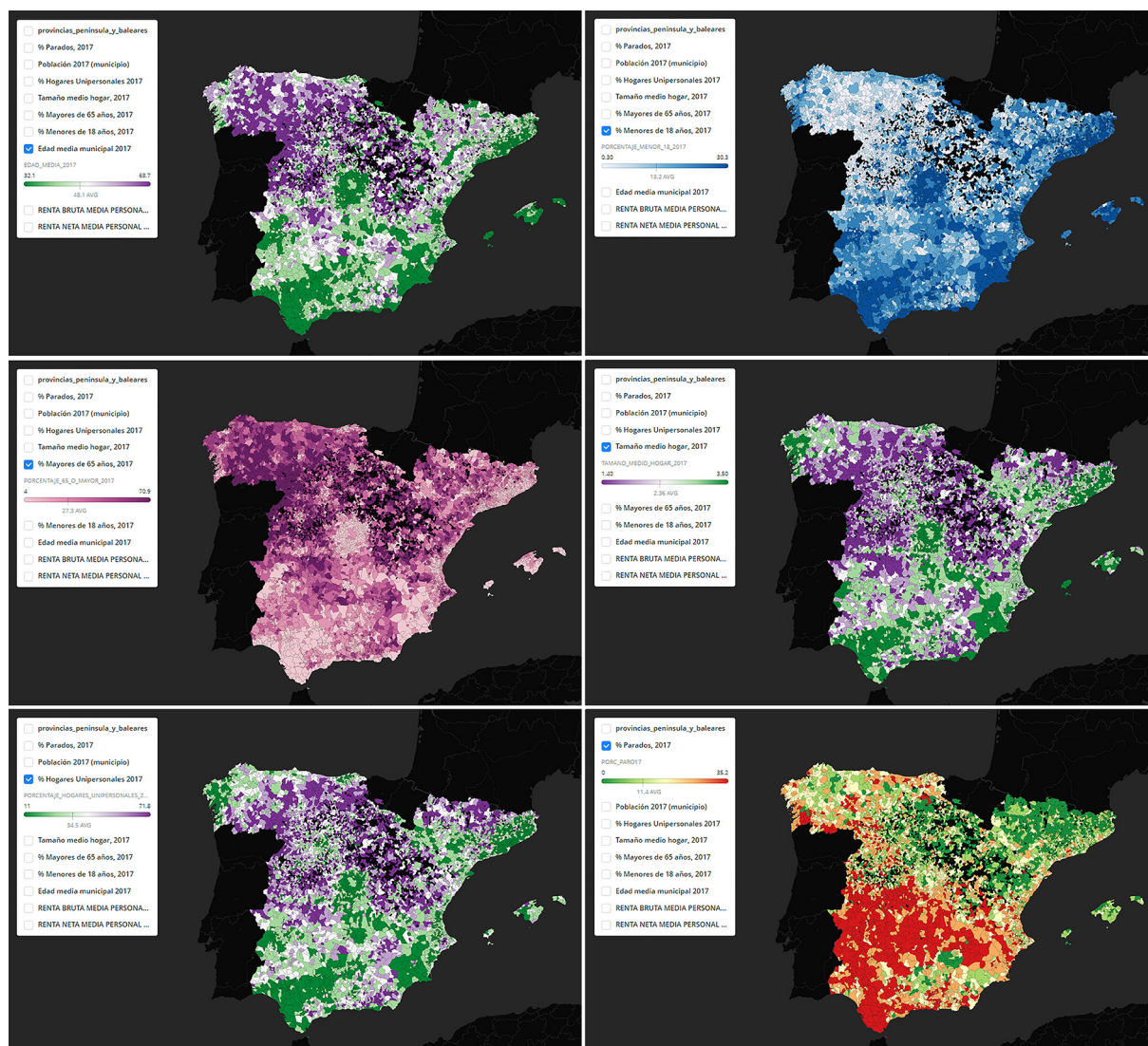


Fuente: AEAT, INE. Elaboración propia. Imagen extraída de la aplicación web desarrollada

- d. **Cliente 4:** este cliente recoge las variables de renta bruta y neta medias por persona, así como algunas variables demográficas explicativas (edad media, porcentaje de jóvenes y mayores, etc.) para su geovisualización, cada una con su *widget* de histograma correspondiente para su filtrado. Además, la capa renta neta media por persona interacciona con todos los *widgets* de histograma de las variables demográficas para su filtrado, con dos *widgets* categóricos que permiten agregar y filtrar por provincias y comunidades autónomas, así como con los dos *widgets* correspondientes a las clases de los clústeres calculados (Figura 6).

Junto a estos cuatro clientes, que sintetizan los resultados presentados en este artículo, en el **Cliente 5** se incorporan nuevas formas de visualización más dinámicas (animaciones) o ejemplos de agregación en teselas multiescalares de tipo hexagonal que amplían el potencial de geovisualización que permiten los nuevos entornos *cloud*.

Figura 6. Cliente 4



Fuente: AEAT, INE. Elaboración propia. Imágenes extraídas de la aplicación web desarrollada

3.2. Caracterización de clústeres

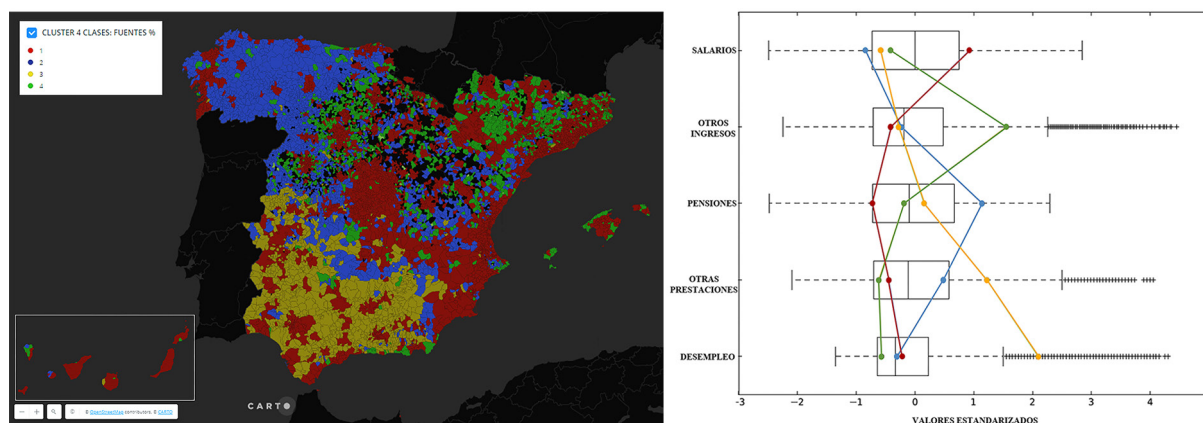
Como parte del análisis exploratorio de los datos espaciales se ha elaborado también una identificación y clasificación de conglomerados (*clústeres*), utilizando las fuentes de ingreso de las rentas brutas medias (en porcentaje y en euros), además de un análisis de *clúster* y *outlier* a partir de la renta neta media por persona, siempre para el año 2017. La intención de estos análisis es presentar una primera aproximación para su incorporación a la aplicación web y mejorar el análisis de los datos a través de su geovisualización espacial y las interacciones con otras variables que se facilitan a través de los *widjets* (ver [Cliente 3](#)).

3.2.1. Clasificación de conglomerados (*clústeres*) a partir de las fuentes de ingreso expresadas en porcentajes

Como se ha comentado en secciones anteriores, una de las singularidades de esta nueva fuente de datos es el hecho de que presente la distribución de las fuentes de ingreso, expresada en las primeras ediciones del ADRH como porcentajes de las rentas brutas medias para cada municipio (INE, 2019). Por ello, se ha realizado un primer análisis de conglomerados utilizando las cinco fuentes de ingreso expresadas en porcentajes para el ámbito geográfico definido. Como se explicó en la sección de metodología, con

objeto de obtener un primer conjunto de conglomerados ‘naturales’ se utiliza el análisis de asignación de conglomerados de ArcGIS 10.8 mediante la herramienta de análisis estadístico espacial *grouping*. Como puede observarse en la Figura 7, extraída del Cliente 3, tras activar el parámetro ‘evaluar número óptimo de grupos’ en este software y analizar el informe generado, se opta por la opción de cuatro clases, al estar asociada con uno de los mayores valores del estadístico *pseudo F*. Los valores más altos en el mismo indican las soluciones más eficaces para garantizar las mayores similitudes dentro de cada grupo y las mayores diferencias entre grupos. En la Figura 7 también puede observarse la distribución geográfica de estas cuatro clases o grupos y el diagrama de caja paralelo con los valores de las variables estandarizadas para cada uno de ellos (con correspondencia de colores).

Figura 7. Clústeres según fuentes de ingresos (%), 2017



Fuente: AEAT, INE. Elaboración propia. Imagen extraída de la aplicación web desarrollada y *box plot* resultante del análisis en ArcGIS 10.8

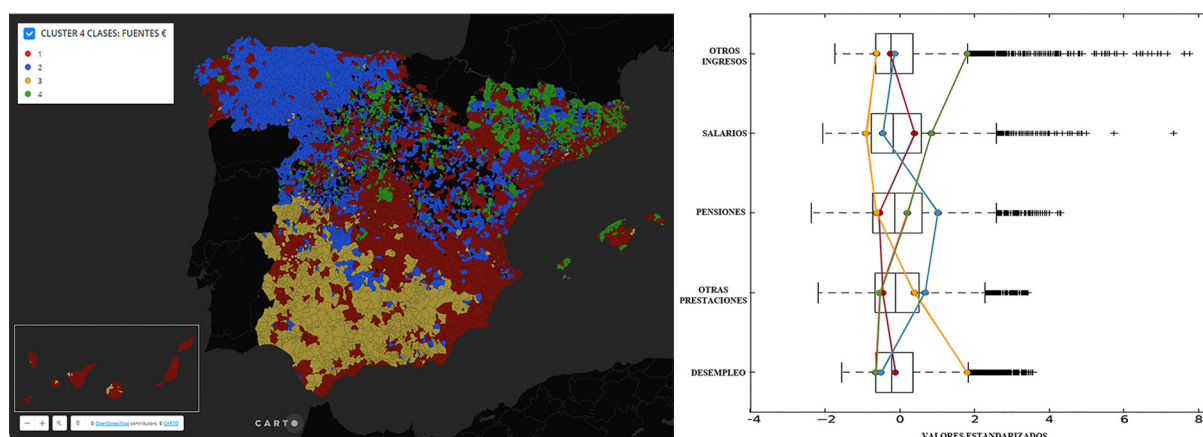
Las cuatro clases o grupos generados presentan un patrón espacial claro, que puede definirse como sigue:

- Clase 1 (en rojo): se identifica con los municipios con población urbana (eje mediterráneo, corredor Madrid-Valencia, etc.), las principales conurbaciones asociadas a las capitales, grandes ciudades y municipios más dinámicos. Como puede verse en el diagrama (línea roja), este clúster se caracteriza por presentar el porcentaje estandarizado más alto en los ingresos provenientes de los salarios; el porcentaje más bajo en relación con las pensiones; porcentajes por debajo de la mediana en cuanto a otros ingresos y otras prestaciones; y un porcentaje algo superior a la mediana en relación con los ingresos por desempleo.
- Clase 2 (en azul): desde un punto de vista geográfico, se identifica genéricamente con el cuadrante noroeste peninsular, municipios rurales asociados a áreas de montaña (Sistema Ibérico) y aquellos con un índice de envejecimiento elevado. Se caracteriza por presentar el porcentaje estandarizado más alto de ingresos derivados de las pensiones; porcentajes altos para los derivados de otras prestaciones; un porcentaje coincidente con la mediana en cuanto a los ingresos provenientes de otros ingresos y de desempleo; y, el menor porcentaje en relación con los ingresos derivados de los salarios (línea azul en el diagrama).
- Clase 3 (en amarillo): se identifica con las comunidades autónomas de Andalucía, Extremadura y áreas limítrofes, con la excepción de sus áreas urbanas y municipios medios más dinámicos (clase 1). Se caracteriza por presentar los porcentajes estandarizados más elevados en los ingresos procedentes del desempleo (los más alejados de la mediana de todas las fuentes y clases) y de otras prestaciones; un porcentaje por encima de la mediana en cuanto a pensiones; un porcentaje en la mediana en cuanto a otros ingresos; y un porcentaje bajo en cuanto a ingresos derivados de salarios (línea amarilla del diagrama).
- Clase 4 (en verde): se trata de la clase más dispersa geográficamente, aunque se concentra en su mayor parte en el norte de las comunidades autónomas de Cataluña, Aragón y sector oriental de Castilla y León. Se caracteriza por presentar los porcentajes estandarizados más altos de otros ingresos; porcentajes por debajo de la mediana en cuanto a salarios y pensiones; y los valores más bajos en los porcentajes de ingresos derivados de otras prestaciones y de desempleo (línea verde del diagrama).

3.2.2. Clasificación de conglomerados (clústeres) a partir de las fuentes de ingreso expresadas en euros

De acuerdo a la actualización metodológica realizada por el INE para la elaboración del ADRH en diciembre de 2020, se ha realizado una segunda clasificación de clústeres a partir de las cinco fuentes de ingreso de la renta bruta media personal, en esta ocasión, expresadas en euros (INE, 2020a). En esta clasificación se pueden apreciar diferencias importantes respecto a la derivada de los datos expresados en porcentaje (INE, 2019), ya que los valores de un mismo porcentaje se incrementarán en función del valor de la renta bruta media por persona (con una clara tendencia espacial positiva ‘sur-norte’)³⁰. Aunque el patrón espacial puede parecer similar, del análisis que se representa en la Figura 8 se derivan resultados novedosos y diferencias significativas.

Figura 8. Clústeres según fuentes de ingresos (€), 2017



Fuente: AEAT, INE. Elaboración propia. Imagen extraída de la aplicación web desarrollada y *box plot* resultante del análisis en ArcGIS 10.8

- Clase 1 (en rojo): desde el punto de vista de su distribución espacial, el patrón espacial es similar al expuesto en la clasificación anterior. Sin embargo, hay que llamar la atención sobre el hecho de que las ciudades de Madrid y Barcelona no quedan incluidas en esta clase. Como puede verse en el diagrama (línea roja) esta clase sigue presentando un valor alto en cuanto a ingresos estandarizados por salarios, aunque se matiza; presenta valores coincidentes con la mediana en relación con otros ingresos y desempleo; y valores bajos relativos a ingresos por otras prestaciones y pensiones.
- Clase 2 (en azul): se identifica con una distribución espacial casi idéntica al análisis anterior, pero en este caso se matiza el protagonismo de las pensiones, que sigue presentando los mayores valores estandarizados, así como para ingresos por otras prestaciones; los valores relativos a otros ingresos aumentan significativamente situándose en la mediana; aumentan los valores derivados de los salarios, aunque en este caso se mantienen por debajo de la mediana; y se observa un valor estandarizado más bajo en cuanto a ingresos por desempleo.
- Clase 3 (en amarillo): de nuevo, la distribución espacial es muy similar a la anterior, aunque en este caso presenta los valores estandarizados más bajos en cuanto a ingresos procedentes de los salarios, otros ingresos y pensiones, que representan la mayor proporción de la renta (Tabla 1); valores por encima de la mediana en relación con otras prestaciones; y los valores más altos por desempleo, que paradójicamente, además, son los que presentan una menor proporción de la renta.
- Clase 4 (en verde): en relación con su distribución espacial, la diferencia más importante que deriva de este segundo análisis es la incorporación de Madrid y Barcelona. Ahora presenta los valores estandarizados más altos en relación con otros ingresos y salarios, aumenta los valores correspondientes a pensiones y presenta los valores más bajos en cuanto a otras prestaciones y desempleo.

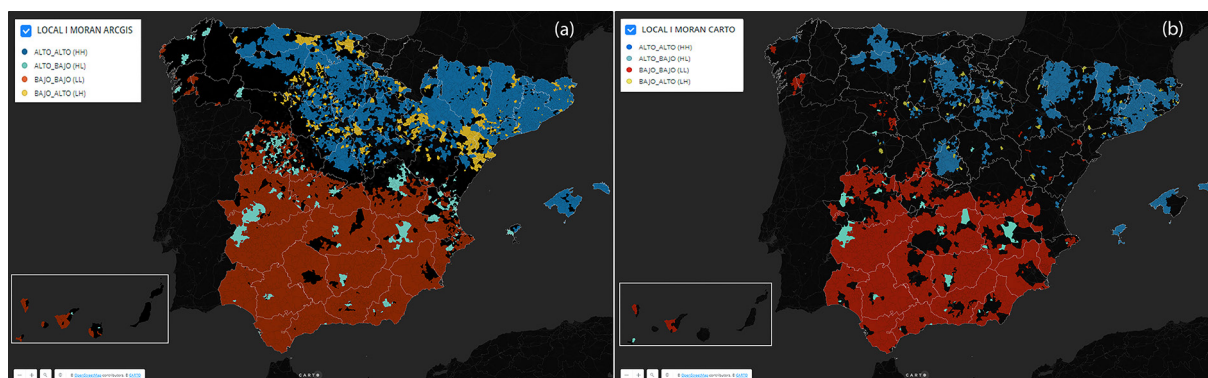
³⁰ Se puede revisar esta variable en el [Cliente 3](#).

3.2.3. Análisis de clúster y de valor atípico (I Anselin local de Moran)

En este tipo de análisis, dado un conjunto de entidades (en este caso, municipios) y un campo de análisis (renta neta media por persona de 2017), la herramienta ‘análisis de clúster y de valor atípico’ identifica clústeres espaciales de las entidades con valores altos o bajos, así como valores atípicos (*outliers*). Para realizar este análisis, la herramienta calcula un valor I de Moran local, una puntuación z, un pseudo valor P y un código que representa el tipo de clúster para cada entidad estadísticamente significativa. Las puntuaciones z y los pseudo valores P representan la significación estadística de los valores del índice calculado. Los resultados distinguen entre un clúster estadísticamente significativo de valores altos (AA), un clúster de valores bajos (BB), valores atípicos en el que un valor alto está rodeado principalmente por valores bajos (AB) y otros valores atípicos en el que un valor bajo está rodeado principalmente por valores altos (BA). La significación estadística está establecida en un nivel de confianza del 95 %.

La Figura 9 recoge los resultados de estos análisis realizados con dos herramientas: la correspondiente en ArcGIS 10.8 (Figura 9a) y la realizada dentro de la propia plataforma *cloud* de CARTO (Figura 9b), al ser este uno de los análisis que se ofrecen a todos los usuarios. Este tipo de análisis permite al usuario conceptualizar y modelar relaciones espaciales entre entidades geométricas —siendo ésta la principal diferencia con los análisis de conglomerados antes presentados, en los que no se impuso ni modeló ninguna relación espacial—, con diferentes parámetros (distancia fija umbral para seleccionar vecinos, números de vecinos, etc.). Como en el caso de las figuras anteriores, los ejemplos representados en la Figura 9 solo tienen la intención de mostrar algunas de las posibilidades existentes para mejorar el análisis exploratorio preliminar de los datos, una vez que ambas clasificaciones han sido incorporadas a la aplicación web de consulta creada.

Figura 9. Clúster y valor atípico a partir de renta neta media por persona, 2017: (a) calculado para una distancia de 150 km (ArcGIS 10.8) y (b) calculado para los cinco vecinos más cercanos (CARTO)



Fuente: AEAT, INE. Elaboración propia. Imágenes extraídas de la aplicación web desarrollada

En el caso del análisis realizado con ArcGIS, el parámetro para la selección de vecinos fue la distancia umbral de 150 km. (calculada sobre el sistema de coordenadas proyectadas ETRS89_UTM30 N) y el método de conceptualización *inverse_distance*, mientras para el análisis realizado en la plataforma *cloud* de CARTO se utilizaron cinco vecinos. De estos análisis, y con ambas herramientas, se desprende una clara dicotomía sur-norte: los clústeres significativos de valores altos-altos y bajos-bajos presentan una nítida concentración territorial (en el norte y en el sur, respectivamente), identificándose solo algunas unidades territoriales con un comportamiento distinto al de las unidades vecinas (*outliers*). De esta forma, la mitad sur peninsular concentra un clúster con un predominio claro de valores bajos-bajos (BB) en ambos análisis, mientras los valores altos-altos (AA) se concentran en el sector norte peninsular y Baleares (con la excepción del noroeste peninsular), si bien presentan un patrón más extenso y continuo espacialmente en el análisis realizado con ArcGIS (distancia umbral de 150 km) y más reducido, disperso y desconectado en el análisis realizado en la plataforma de CARTO (cinco vecinos).

4. Discusión de resultados

La oportunidad que ofrecen los nuevos datos del ADRH —parte nuclear de este trabajo— contrasta con el escaso uso que han tenido por parte de la comunidad geográfica española. Son escasos los trabajos

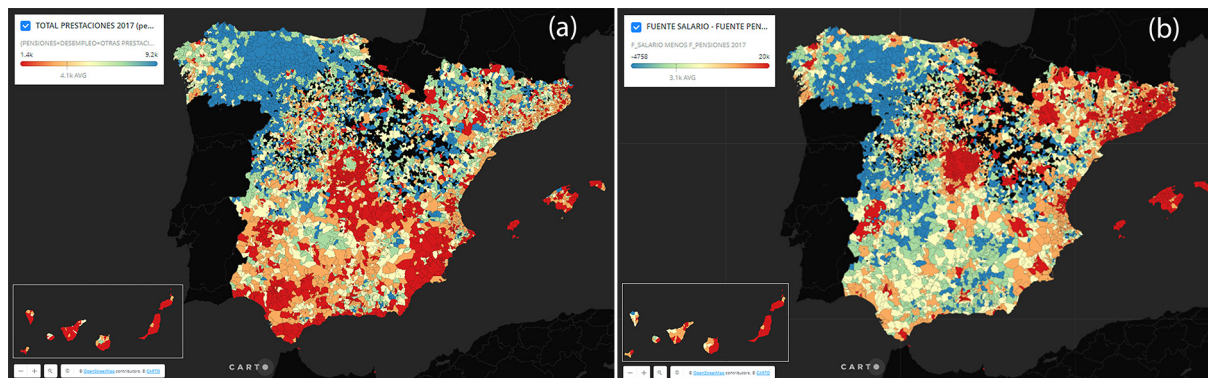
que mencionan o utilizan esta fuente de datos (Checa, Martín, López & Nel-lo, 2020; González & Piñeira, 2020) y no se ha localizado ninguna publicación científica que presente y haga uso de todo el potencial del citado *Atlas*. Precisamente, la principal novedad y el carácter original del trabajo que aquí se presenta está relacionado con el hecho de que se logran superar las limitaciones que hasta el momento han presentado las fuentes de datos tradicionales para el análisis de la distribución de la renta de los hogares de España. Entre estas fuentes, la Encuesta de Presupuestos Familiares y la Encuesta de Condiciones de Vida han permitido desarrollar investigaciones de gran interés, pero limitadas por su carácter muestral. Por su parte, la Estadística de los Declarantes del IRPF y la Estadística de los Declarantes del IRPF de los Mayores Municipios por Código Postal presentan una mayor desagregación (provincial, municipal e inframunicipal, respectivamente) pero también cuenta con la limitación de que solo se ofrecen datos para municipios que superen un determinado umbral de población, de declaraciones o de renta bruta agregada, según el caso, además de que no incluye a aquellos que se sitúan por debajo del umbral de declaración (no declarantes). Por tanto, los trabajos realizados a partir de estas fuentes —que en todos los casos confirman la reducción de la renta media y el incremento de la desigualdad en España (Anghel *et al.*, 2018; Ayala, 2016; Ayala & Cantó, 2020; Ayala & Ruiz-Huerta, 2020; Hortas & Onrubia, 2014, 2020; Hortas & Ríos, 2019)— no han podido incorporar el análisis del nivel de detalle territorial que se ofrece en esta investigación.

Además, este trabajo incluye una solución original, novedosa y de gran interés para la Geografía, basada en una aplicación web desarrollada en un entorno *cloud* (geovisores, *widgets* y *dashboards*), pública y reutilizable, que amplía las posibilidades de análisis de los geovisores web ofrecidos por el INE y la AEAT en cuanto a su nivel de interacción, posibilidades de exploración y filtrado en tiempo real. Esta aplicación web —que se concreta en cinco clientes a través de los que se transfiere en abierto el resultado de la investigación— no solo permite la geovisualización de la información y el desarrollo de herramientas interactivas (*widgets*) sino que, además, y aún más importante, facilita una nueva forma de interactuar con los datos enfatizando el análisis exploratorio de datos espaciales (Sánchez, Martín & Rengifo, 2019). Este Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), paradójicamente, ha estado más extendido en el campo de la econometría espacial como trabajo previo al análisis confirmatorio o a la modelización y a la propia definición de hipótesis, que no se formulan hasta identificar estructuras espaciales en las variables estudiadas (Anselin, 1999; Chasco, 2003; Moreno & Vayá, 2002).

Entre las opciones de exploración preliminar se sitúan los análisis de conglomerados realizados con los datos de las fuentes de ingreso de las rentas brutas expresadas en porcentaje (INE, 2019) y en euros (INE, 2020a), así como los análisis de clúster y valor atípico a partir de la renta media por persona, que se presentan, por primera vez, a la escala municipal más detallada. Aunque se trata de análisis preliminares, sus resultados coinciden con los de trabajos previos en cuanto a la existencia de una fuerte desigualdad sur-norte (Buendía & Sánchez, 2013; Delgado, 2006; Guisán, 2017; INE, 2020b; López-Bazo, del Barrio & Artis, 2002; Manzanares & Riquelme, 2017). Aunque, como se ha señalado, estas clasificaciones no tienen la pretensión de dar respuestas definitivas, sí llaman la atención sobre cuestiones escasamente conocidas, como el patrón espacial que confirman las clases definidas o, por ejemplo, la importancia de la fuente de ingresos provenientes de las pensiones que puede llegar a superar a los provenientes de los salarios en numerosos municipios (en azul en la Figura 10b). Con ello, se ejemplifica la potencialidad de estas nuevas herramientas en entornos *cloud*, que se enmarcan en el cuarto paradigma científico (Ojeda & Paneque, 2019), así como su enorme potencial para el análisis geográfico, ya que la propia estructura dual de los datos geográficos (geometría y variables temáticas) incrementa las necesidades de computación y estos entornos facilitan su escalabilidad vertical u horizontal de forma muy eficiente y cómoda para el usuario.

Por otra parte, el cálculo de algunas variables agregadas de las fuentes de ingreso y su geovisualización permiten cuestionar creencias basadas en una suerte de 'mitología territorial' que ha situado y estigmatizado al sur peninsular como una región fuertemente subvencionada, sin serlo. Como se observa en la Figura 10a, y a modo de ejemplo de lo que puede analizarse con más detalle en el Cliente 3, el simple sumatorio de todas las fuentes de ingresos no procedentes del mercado, es decir, las prestaciones de pensiones, otras prestaciones y el desempleo, refleja un patrón espacial donde el área más 'beneficiada' no resulta ser precisamente el sur peninsular.

Figura 10. Variables calculadas, 2017. (a) Sumatorio del total de prestaciones (pensiones, otras prestaciones y desempleo) en euros. (b) Resta de salarios menos prestaciones en euros



Fuente: AEAT, INE. Elaboración propia. Imágenes extraídas de la aplicación web desarrollada

Si algo puede y debe aportar la Geografía, en un momento caracterizado por la desinformación y la polarización, son nuevos análisis espaciales de detalle, basados en datos oficiales y rigurosos, que permitan avanzar hacia posiciones de mayor solidaridad territorial y hacia estrategias y políticas compensatorias, que eviten las consecuencias de lo que Rodríguez-Pose bien denominó como ‘la venganza de los lugares que no importan’ (2018), que es susceptible de materializarse en votos desafectos y en una ruptura social y regional cada vez más amplia. El debate sobre la potenciación de mecanismos como el Fondo de Compensación Interterritorial (Fernández & Murillo, 2020) o el Ingreso Mínimo Vital (Doménech, 2017; Noguera, 2019) pueden y deben ser alimentados por nuevos análisis espaciales, como los que podrían derivarse del uso de datos y tecnologías utilizados en este trabajo.

5. Conclusiones

El estudio de la desigualdad ocupa un lugar esencial en el marco de las Ciencias Sociales (Díez, Martínez & Tirado, 2018; Piketty & Sáez, 2003; Novotny, 2007; Wei, 2015; Tirado, Díez & Martínez, 2016). El análisis de las relaciones entre los procesos territoriales, el desarrollo económico y el bienestar de la ciudadanía ha sido estudiado tradicionalmente por la geografía económica y la geografía social (Fujita & Krugman, 2005; Garretsen & Martin, 2010; Smith & Reid, 2017) y ha tenido una plasmación práctica en políticas de desarrollo regional, tanto en el contexto europeo como en el nacional que, aun teniendo un efecto positivo, en casos como el de España, no han logrado consolidar una situación de convergencia (Fernández & Murillo, 2020). Estas políticas han movilizado importantes recursos con el objetivo último de aumentar la equidad territorial, pero puede afirmarse que la brecha regional, también en España, se ha acrecentado en las últimas décadas y aún más tras la crisis financiera de 2008 y se prevé difícil de reducir en un nuevo contexto de crisis, en este caso definido por las consecuencias sociales y económicas de la COVID-19 (Ayala & Ruiz-Huerta, 2020).

Los procesos de urbanización y envejecimiento de la población —imparables e inacabados en el momento actual— hacen urgente avanzar en estudios más detallados sobre la distribución de la renta por fuentes de ingreso a escala nacional, regional y local. Esta cuestión resulta clave al haberse constatado que los factores que mejor explican la desigualdad en España son aquellos relacionados con el aumento del desempleo, su descendente tasa de cobertura, la precarización laboral o el descenso de los salarios mínimos (Ayala & Cantó, 2020; CES, 2013; Davia, 2014; FOESSA, 2015; Goerlich, 2016, 2017; Larraz, *et al.*, 2020). Análisis más detallados sobre estas cuestiones resultan esenciales para lograr una comprensión mayor y más completa de las causas que generan y perpetúan situaciones de desigualdad, además del alcance y la naturaleza de dicha realidad.

Las novedades relativas a la fuente de datos, a la escala y a la metodología de trabajo, así como los resultados obtenidos en esta investigación, quieren ser el comienzo de una nueva línea de trabajo centrada en la exploración y el análisis de indicadores de desigualdad, sus patrones espaciales y los desequilibrios territoriales en España. La aparición de las estadísticas experimentales del INE abre nuevas posibilidades para la ciencia geográfica y permite la construcción de nuevas hipótesis de trabajo.

En este trabajo, se han podido contrastar y confirmar las hipótesis iniciales y, además, han aparecido otras nuevas, que darán continuidad a esta línea de investigación, relativas al mayor grado de desigualdad intracomunitaria e intramunicipal (Ayala, Jurado & Pérez, 2020) o a la exploración de los datos a nivel de sección censal y de nuevos indicadores, como los recientemente publicados índices de Gini (INE, 2020a).

Financiación

Plataforma Cloud para la Integración Espacial de Geoinformación ambiental y socioeconómica (Spatial Big Data) y Clientes Web Interactivos (Geovisores, DashBoard) para su difusión, acceso, explotación y análisis (Machine Learning). Proyecto singular de actuaciones de transferencia CEI RIS3. Junta de Andalucía. Andalucía Tech CEI-9.

Prototipo Cloud de Evaluación de Riesgos a Través de la Integración Espacial de Geodatos (Grid Multiescalares) y Clientes Web (Dashboard) para su Gestión y Medidas de Adaptación. Proyecto Plan Estatal I+D+i Retos. Ministerio de Ciencia e Innovación. PID2019-106834RB-I00.

E-Infraestructura (Cloud Computing) para la Integración Espacial de Variables Antrópicas en el Cálculo de la Vulnerabilidad ante Riesgos Costeros y Herramientas Web (Dashboard) para su Gestión en Andalucía (Clodrisk_A). Proyecto I+D+i Frontera. Junta de Andalucía. P18-FR-2574.

Referencias

- Anghel, B., Basso, H. S., Bover Hidiroglu, O., Casado García, J. M., Hospido Quintana, L., Kataryniuk, I. ... & Vozmediano Peraita, E. (2018). *La desigualdad de la renta, el consumo y la riqueza en España*. Madrid: Banco de España. Documentos Ocasionales, nº1.806. Recuperado de <https://repositorio.bde.es/handle/123456789/8774>
- Anselin, L. (1999). The future of spatial analysis in the social sciences. *Geographic Information Sciences*, 5(2), 67-76. <https://doi.org/10.1080/10824009909480516>
- Ash, J., Kitchin, R., & Leszczynski, A. (2016). Digital turn, digital geographies? *Progress in Human Geography*, 42(1), 25-43. <https://doi.org/10.1177/0309132516664800>
- Ayala Cañón, L. (2016). La desigualdad en la distribución personal de la renta en España. *Revista de Libros*. Recuperado de <https://www.revistadelibros.com/discusion/la-desigualdad-en-la-distribucion-personal-de-la-renta-en-espana>
- Ayala Cañón, L., & Cantó Sánchez, O. (2020). Mercado de trabajo y desigualdad. En A. Blanco *et al.*, *Informe España 2020* (pp. 173-220). Madrid: Universidad Pontificia Comillas, Cátedra J.M. Martín Patino.
- Ayala Cañón, L., & Ruiz-Huerta Carbonell, J. (Dir.) (2020). *4º Informe sobre la Desigualdad en España. Una perspectiva territorial*. Madrid: Fundación Alternativas. Recuperado de <https://www.fundacionalternativas.org/laboratorio/libros-e-informes/informes/4o-informe-sobre-la-desigualdad-en-espana-una-perspectiva-territorial>
- Ayala, L., Jurado, A., & Pérez Mayo, J. (2020). Diferencias de desigualdad y bienestar en las regiones españolas. In L. Ayala Cañón & J. Ruiz-Huerta Carbonell (Dir.), *4º Informe sobre la Desigualdad en España. Una perspectiva territorial* (pp. 121-150). Madrid: Fundación Alternativas.
- Ayala, L., Martín Román, J., & Vicente Perdiz, J. (2020). The Contribution of the Spatial Dimension to Inequality: A Counterfactual Analysis for OECD Countries. *Papers in Regional Science*, 99(3), 447-477. <https://doi.org/10.1111/pirs.12503>
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: Norton & Company.
- Buendía, J. D., & Sánchez, M. M. (2013). La distribución del desempleo en las provincias españolas. Un análisis con datos de panel mediante el filtrado espacial. *Investigaciones Regionales*, 27, 143-154. Recuperado de https://old.aecr.org/images/ImatgesArticles/2013/11/06_Buendia.pdf?ga=2.130121612.2033882605.1611075925-43197235.1611075925

- Castells-Quintana, D., Ramos, R., & Royuela, V. (2015). Income inequality in European Regions. Recent trends and determinants. *Review of Regional Research*, 35, 123-146. <https://doi.org/10.1007/s10037-015-0098-4>
- CES, Consejo Económico y Social (2013). Distribución de la renta en España: desigualdad, cambios estructurales y ciclos. Informe 03/2013. Recuperado de <https://www.siiis.net/es/documentacion/ver-seleccion-novedad/197801/>
- Chasco Yrigoyen, C. (2003). *Econometría espacial aplicada a la predicción-extrapolación de datos microterritoriales*. Madrid: Consejería de Economía e Innovación Tecnológica.
- Checa, J., Martín, J., López, J., & Nel-lo, O. (2020). Those who cannot stay at home: urban mobility and social vulnerability in Barcelona during the COVID-19 pandemic. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (87). <https://doi.org/10.21138/bage.2999>
- Davia, M. A. (2014). Evolución del empleo de bajos salarios en España. En *VII Informe sobre exclusión y desarrollo social en España 2014* (Documento de Trabajo 4.2.). Madrid: Fundación FOESSA.
- Delgado Cabeza, M. (2006). Economía, territorio y desigualdades regionales. *Revista de estudios regionales*, 75, 93-128. Recuperado de <http://www.revistaestudiosregionales.com/documentos/articulos/pdf835.pdf>
- Díez Minguela, A., Martínez Galarraga, J., & Tirado Fabregat, D.A. (2018). *Regional Inequality in Spain 1860-2015*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96110-1>
- Doménech, R. (2017, April 20). *Algunas reflexiones sobre la Renta Básica Universal*. In BBVA Research. Recuperado de <https://www.bbvaresearch.co/ublicacione/algunas-reflexiones-sobre-la-renta-basica-universal/>
- EU, European Union (2019). *Regional inequalities in the EU* (Briefing). European Parliamentary Research Service (PE 637.951). Recuperado de [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637951/EPRS_BRI\(2019\)637951_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637951/EPRS_BRI(2019)637951_EN.pdf)
- Fernández Llera, R., & Murillo, E. (2020). Las políticas de desarrollo regional en España. En L. Ayala Cañón & J. Ruiz-Huerta Carbonell (Dir.), *4º Informe sobre la Desigualdad en España. Una perspectiva territorial* (pp. 121-150). Madrid: Fundación Alternativas.
- FOESSA (2015). *Empleo precario y protección social. Análisis y Perspectivas 2015*. Madrid: Fundación FOESSA. Recuperado de <https://korimaclaretianas.files.wordpress.com/2015/11/analisis-y-perspectivas-2015.pdf>
- Fujita, M., & Krugman, P. (2005). The new economic geography: Past, present and the future. *Papers in Regional Science*, 83, 139-164. <https://doi.org/10.1007/s10110-003-0180-0>
- Garretsen, H., & Martin, R. (2010). Rethinking (New) Economic Geography Models: Taking Geography and History More Seriously. *Spatial Economic Analysis*, 5, 127-160. <https://doi.org/10.1080/17421771003730729>
- Goerlich, F.J. (2016). *Distribución de la renta, crisis económica y políticas redistributivas*. Bilbao: Fundación BBVA. Recuperado de <https://www.fbbva.es/publicaciones/distribucion-de-la-renta-crisis-economica-y-politicas-redistributivas/>
- Goerlich, F.J. (2017). Distribución de la renta en España: 2004-2013. *Semestre Económico* 20(42), 47-72. <https://doi.org/10.22395/seec.v20n42a2>
- González Pérez, J. M., & Piñeira Mantiñán, M. J. (2020). The unequal city in Palma (Majorca): Geography of confinement during the COVID-19 pandemic. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (87). <https://doi.org/10.21138/bage.2998>
- Graham, M., & Shelton, T. (2013). Geography and the future of big data, big data and the future of geography. *Dialogues in Human Geography*, 3(3), 255-261. <https://doi.org/10.1177/2043820613513121>
- Gray, J., & Szalay, A. (2007). eScience - A Transformed Scientific Method (Presentation to the Computer Science and Technology Board of the National Research Council, Mountain View, CA). Recuperado de http://research.microsoft.com/en-us/um/people/gray/talks/NRC-CSTB_eScience.ppt
- Guisán, M. C. (2017). Desenvolvemento económico rexional de España, 1986-2013: 25 anos de evolución. *Revista Galega de Economía*, 26(2). Recuperado de <https://revistas.usc.gal/index.php/rge/article/view/4448>

- Gutiérrez-Puebla, J. (2018). Big Data y nuevas geografías: la huella digital de las actividades humanas. *Documents d'Anàlisi Geogràfica* 2018, 64/2, 195-217. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.526>
- Gutiérrez-Puebla, J., García-Palomares, J. C., & Salas-Olmedo, M. H. (2016). Big (Geo)Data en Ciencias Sociales: Retos y Oportunidades. *Revista De Estudios Andaluces*, 33, 1-23. <https://doi.org/10.12795/rea.2016.i33.01>
- Hey, T., Tansley, S., & Tolle, Y. K. (Eds.) (2014). *El cuarto paradigma. Descubrimiento científico intensivo en datos*. México: Microsoft Research & Universidad Autónoma Metropolitana.
- Hortas Rico, M., & Onrubia, J. (2014). Renta personal de los municipios españoles y su distribución: Metodología de estimación a partir de microdatos tributarios (Estudios Sobre la economía española – 2014/12). FEDEA.
- Hortas Rico, M., & Onrubia, J. (2020). Renta personal de los municipios españoles y su distribución, años 2011 y 2014 (Apuntes – 2020/1). FEDEA
- Hortas Rico, M., & Ríos, V. (2019). The drivers of local income inequality: A spatial Bayesian model-averaging approach. *Regional Studies*, 53(8), 1207-1220. <https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1566698>
- INE, Instituto Nacional de Estadística (2019). *Atlas de distribución de renta de los hogares (ADRH)* (Proyecto técnico). Subdirección General de Estadísticas Sociodemográficas.
- INE, Instituto Nacional De Estadística (2020a). Atlas de distribución de renta de los hogares (ADRH). Proyecto técnico. Subdirección General de Estadísticas Sociodemográficas. Recuperado de https://www.ine.es/experimental/atlas/exp_atlas_proyecto.pdf
- INE, Instituto Nacional De Estadística (2020b). *Contabilidad Regional de España*. Revisión Estadística 2019. Recuperado de https://www.ine.es/prensa/cre_2019_2.pdf
- Johnston, R., Harris, R., Jones, K., Manley, D., Sabel, C. E., & Wang, W. W. (2014). One step forward but two steps back to the proper appreciation of spatial science. *Dialogues in Human Geography*, 4(1), 59-69. <https://doi.org/10.1177/2043820614526818>
- Kitchin, R. (2013). Big data and human geography: Opportunities, challenges and risks. *Dialogues in Human Geography*, 3(3), 262-267. <https://doi.org/10.1177/2043820613513388>
- Larraz, B., Pavía, J. M., & Herrera Gómez, M. (2020). Spatial aggregation and resampling expansion of big surveys: An analysis of wage inequality. *Regional Science Policy and Practice*. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12333>
- López-Bazo, E., del Barrio, T., & Artis, M. (2002). The regional distribution of Spanish unemployment. A spatial analysis. *Papers in Regional Science*, 81(3), 365-389. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5597.2002.tb01239.x>
- Manzanares Gutiérrez, A., & Riquelme Perea, P. J. (2017). Análise espacial do desemprego nos mercados locais de trabalho españois. *Revista Galega de Economía*, 26(2). Recuperado de <https://revistas.usc.gal/index.php/rge/article/view/4469>
- Moreno Serrano, R., & Vayá Valcarce, E. (2002). Econometría espacial: nuevas técnicas para el análisis regional. Una aplicación a las regiones europeas. *Investigaciones Regionales*, (1), 83-106.
- Noguera, J. A. (2019). The Political Debate on Basic Income and Welfare Reform in Spain. *Social Policy and Society*, 18(2). <https://doi.org/10.1017/S1474746418000271>
- Novotny, J. (2007). On the measurement of regional inequality: does spatial dimension of income inequality matter? *Annals of Regional Science*, 41(3), 563-580. <https://doi.org/10.1007/s00168-007-0113-y>
- OECD (2015). *In it together: Why less inequality benefits all*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264235120-en>
- OECD (2020) *Income inequality* (OECD data). Recuperado de <https://data.oecd.org/inequality/income-inequality.htm>
- Ojeda Zújar, J., & Paneque, P. (2019). Big data y Geografía. En *Colección Geografía 2020 – Generando discurso*. Madrid: Asociación Española de Geografía. Recuperado de <https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2019/12/generando-discurso-1-1.pdf>

- Piketty, T., & Sáez, E. (2003). Income Inequality in the United States, 1913-1998. *Quarterly Journal of Economics*, 118(1), 1-41. <https://doi.org/10.1162/00335530360535135>
- Rodríguez-Pose, A. (2018). The revenge of places that don't matter (and what to do about it). *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 11(1). <https://doi.org/10.1093/cjres/rsx024>
- Sánchez Martín, J. M., Martín Delgado, L. M., & Rengifo Gallego, J. I. (2019). La reputación online de los alojamientos rurales en Extremadura desde una óptica geoestadística. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, (82). <https://doi.org/10.21138/bage.2758>
- Schwab, K. (2017). *La cuarta revolución industrial*. Madrid: Debate.
- Smith, T., & Reid, L. (2017). Which 'being' in wellbeing? Ontology, wellness and the geographies of happiness. *Progress in Human Geography*, 42(6). <https://doi.org/10.1177/0309132517717100>
- Tirado, D. A., Díez Minguela, A., & Martínez Galarraga, A. (2016). Regional inequality and economic development in Spain, 1860-2010. *Journal of Historical Geography*, 54, 87-98. <https://doi.org/10.1016/j.jhg.2016.09.005>
- Wei, Y. D. (2015). Spatiality of regional inequality. *Applied Geography*, 61. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.03.013>

Cita bibliográfica: Bellet Sanfeliu, C., & Andrés López, G. (2021). Urbanización, crecimiento y expectativas del planeamiento urbanístico en las áreas urbanas intermedias españolas (1981-2018). *Investigaciones Geográficas*, (76), 31-52. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18054>

Urbanización, crecimiento y expectativas del planeamiento urbanístico en las áreas urbanas intermedias españolas (1981-2018)

Urbanisation, growth, and expectations for urban planning in Spanish intermediate cities (1981-2018)

Carme Bellet Sanfeliu¹ 
Gonzalo Andrés López^{2*} 

Resumen

En los últimos cuarenta años, en las ciudades se ha producido una acusada fase de crecimiento y expansión, culminada con el “boom” inmobiliario de la denominada “década prodigiosa” del urbanismo español (1997-2007). En este proceso, las áreas urbanas articuladas por ciudades medias han protagonizado los crecimientos relativos más notables del sistema urbano en España, muy por encima de lo que realmente representan en población, parque de viviendas y superficie urbanizada. Como consecuencia de ello, estas ciudades han modificado su estructura tradicionalmente compacta y relativamente densa, generándose nuevas formas definidas por la fragmentación y el intensivo consumo de suelo en las periferias. Se ha consolidado así un modelo de ciudad diseñado por un planeamiento urbanístico convertido en instrumento para proyectar en el territorio las dinámicas del crecimiento económico. Desde el año 2008 se ha abierto un claro proceso de ralentización de esta expansión, lo que invita a considerar un cambio de ciclo y, en consecuencia, la generación de un nuevo modelo de ciudad más racional y sostenible. Sin embargo, el análisis del planeamiento general vigente en estas ciudades obliga a reconsiderar esta hipótesis, ya que las expectativas de crecimiento continúan siendo muy elevadas y el modelo urbano sigue centrado en la extensión y la propuesta de grandes sectores de nuevo suelo urbanizable.

Palabras clave: Ciudades medias; planificación urbana; modelo urbano insostenible; urbanismo expansivo; expectativas de crecimiento

Abstract

Spanish cities have experienced a phase of marked growth and expansion over the last 40 years. This culminated in a property boom at the end of what came to be known as the ‘prodigious decade’ of Spanish urban development (1997-2007). Within this process, urban areas articulated by medium-sized cities underwent the most notable relative growth in the urban system. As a result, intermediate cities modified their traditionally compact and relatively dense structures and took on new forms that were defined by fragmentation and the intensive consumption of land in the urban periphery. In this way, an urban planning city model was consolidated which served as an instrument for projecting the dynamics of economic growth in each territory. However, since 2008, there has been a noticeable slowing of this expansion. This suggests a change of cycle and, in consequence, the creation of a new and more rational and sustainable city model. However, an analysis of the Master Plans currently applied in these cities

1 Universitat de Lleida. carme.bellet@udl.cat

2 Universidad de Burgos. gandres@ubu.es. * Autor para correspondencia

has revealed the need to reconsider this hypothesis, as expectations of growth remain high, and the city model continues to focus on expansion and proposals for the development of large areas of new land.

Keywords: Medium-sized cities; urban planning; unsustainable urban model; expansive urbanism; expectations for growth.

1. Introducción

La vinculación directa del crecimiento urbano con las fases de expansión económica viene siendo una relación recurrente durante las últimas décadas en España. Desde mediados del siglo XX, se han ido articulando profundas vinculaciones entre el crecimiento económico, el hecho urbanizador, el progreso del sector de la construcción y la dinámica del mercado inmobiliario (Górgolas, 2017; López y Rodríguez, 2010). Más aún, estas vinculaciones se han ido retroalimentando, puesto que todos los períodos de crecimiento económico se han sostenido igualmente en el avance de la intensificación de la urbanización del territorio a través de la producción de infraestructuras, suelo urbano y artefactos urbanos. Esta intensa relación ha llevado a algunos autores a hablar del capitalismo inmobiliario español (Naredo, 2010). En la práctica, este proceso ha derivado en acciones de extracción y captación de rentas del suelo generadas por el hecho urbanizador (Vives y Rullán, 2014; Capel, 2013b).

Las expansiones inmobiliarias en el tiempo se han producido cuando las expectativas de la plusvalía generada por la actividad han resultado superiores a las de otras actividades económicas (Lois, Piñeira y Vives, 2016; Méndez, 2018). Esas expansiones cíclicas de la actividad inmobiliaria/urbanizadora van imprimiendo su particular huella espacial, materializando paisajes urbanos específicos de cada etapa que en cada momento son avalados por una legislación y política urbanística determinada (Bellet, 2020). Se produce así una evidente asociación entre el proceso económico, el planeamiento urbano y las dinámicas del proceso urbanizador. De esta forma, el planeamiento urbano no sólo expresa las condiciones bajo las cuales se produce la urbanización del territorio, sino que, en el marco del capitalismo inmobiliario español, deviene en uno de los mecanismos para vehicular las expectativas de crecimiento basadas en el consumo y urbanización del suelo. (Naredo, 1996 y 2010; Calderón y García, 2017).

Se ha generado así en la historia reciente del urbanismo en el país una manifiesta dependencia del modelo urbano respecto a las directrices generadas por el capitalismo inmobiliario. La ciudad ha sido construida en virtud de un guión definido por las pautas que ha ido marcando en el tiempo el negocio en torno a la construcción y venta de vivienda y suelo. De esta forma, se ha consolidado en la práctica un urbanismo cautivo del crecimiento económico y directamente relacionado con la evolución de los mercados inmobiliarios —un diseño de ciudad a demanda del ciclo económico— (García, Serrano y Espejo, 2020). Se trata de una estrategia bien expresiva de los intereses del mercado por controlar un urbanismo que se ha demostrado endeble y falto de un modelo racional y sostenible para construir ciudades equilibradas (Górgolas, 2019a). Gaja ha llegado a denominar tal circunstancia como la del “urbanismo concesional”, en cuanto a que el proyecto urbano queda así en manos de la iniciativa privada, se pliega a las cuestiones técnico-instrumentales y fomenta la dispersión territorial, con actuaciones urbanísticas de muy baja densidad y clara disfuncionalidad (Gaja, 2015).

Lo cierto es que este marco —un urbanismo definido por el crecimiento económico y vinculado a los intereses del mercado— ha conllevado en las últimas décadas un significativo proceso de urbanización insostenible que ha modificado sustancialmente el paisaje y la estructura urbana precedente. En efecto, desde 1980 y fundamentalmente entre 1997 y hasta la crisis de 2007, se ha producido en España un intenso proceso de urbanización dispersa que ha afectado a todo el país (Rodríguez, 2006). Se trata de dinámicas recientes relacionadas con la creciente artificialización del suelo y el “boom” inmobiliario (Fernández y Corbelle, 2017; Olazabal y Bellet, 2018; Pozueta, Lamíquiz, Higuera y Benito, 2019). Tras las notables dinámicas de urbanización acontecidas en los años sesenta y setenta del pasado siglo XX, en las décadas posteriores ha cambiado no sólo la intensidad o ritmo del proceso, sino sobre todo el carácter de la urbanización. La extensión y la consolidación de áreas de mayor consumo de suelo ha incidido en la reducción de la compacidad de las ciudades, especialmente en las periferias de las áreas urbanas (Monclús, 1998; Olazabal y Bellet, 2019). Estos procesos se intensificaron considerablemente durante el “boom” inmobiliario (1997-2007), suponiendo un antes y un después para el conjunto del paisaje urbano español y afectando a amplias áreas del territorio (Burriel, 2008; Gaja, 2008).

De forma general, si se estudia y analiza con detenimiento la evolución demográfica de las ciudades y se contrapone al ritmo de crecimiento del número de viviendas construidas y a la superficie de suelo

urbanizado, se pone de manifiesto un profundo desajuste en el modelo de crecimiento. En las últimas décadas, la población de las áreas urbanas, cuando no ha decrecido, se ha incrementado en ratios considerablemente inferiores a los que lo ha hecho la superficie urbanizada o el número de viviendas. Construcción de infraestructuras con un vasto consumo de suelo, grandes desarrollos de suelo para viviendas, nuevos equipamientos públicos y grandes conjuntos terciarios, suelos industriales y, en fin, nuevas periferias complejas han definido el modelo de la ciudad del “todo urbanizable” (Calderón, 2004).

Desde luego, un factor determinante de dicha situación ha sido el de la previa clasificación de amplias bolsas de suelo potencialmente urbanizable, en expectativa de desarrollo, a la espera de las inversiones necesarias para poder materializar su urbanización. El planeamiento urbano ha contribuido claramente a generar una ciudad definida por la extensión y la dispersión, consolidando ese modelo de ciudad dispersa (Calderón y García, 2017 y 2018; Romero, Brandis y Melo, 2015). Algunos autores han considerado que, superada la recesión económica, se ha abierto la crisis de este modelo urbano, considerando que la ciudad dispersa representa, “per se”, un esquema de anti-ciudad o anti-polis, apartándose del modelo tradicional de urbanización (Capel, 2013a).

En este contexto, este trabajo pretende reflexionar sobre la contradicción de este modelo de ciudad predominante en las últimas décadas, analizando e interrelacionando las dinámicas de urbanización con las expectativas generadas por el planeamiento urbanístico. Y, en concreto, el objetivo de la contribución se centra en estudiar de qué forma se ha producido este fenómeno en las áreas urbanas articuladas por ciudades medias. Este tipo de ciudades presentan los crecimientos relativos más notables del sistema urbano entre 1981 y 2018, muy por encima de lo que realmente suponen en población, parque de viviendas y superficie urbanizada (Olazabal, 2018; Martínez, García y Escudero, 2020). En las ciudades medias, se han intensificado las dinámicas de urbanización vinculadas a las estrategias de crecimiento planteadas y alentadas por la planificación urbanística municipal. Lo cierto es que este tipo de ciudades se han convertido en receptores de buena parte de los crecimientos del sistema urbano, asumiendo un papel estratégico en la articulación territorial, incluso en el contexto de los conjuntos metropolitanos y las grandes regiones urbanas (Adam, 2006). En estas ciudades la transformación ha sido de tal intensidad que las estructuras tradicionalmente compactas y relativamente densas han quedado desdibujadas por la fragmentación, la dispersión y el intensivo consumo de suelo en las periferias (Olazabal y Bellet, 2019; Cebrián, 2007 y 2013).

Desde esta perspectiva, el objetivo de este trabajo es doble: en primer lugar, se trata de caracterizar los procesos de urbanización de las ciudades medias españolas y sus áreas urbanas en las últimas décadas—en el periodo que transcurre entre el comienzo de los años ochenta y la actualidad—; y, en segundo lugar, se plantea cuantificar las fuertes expectativas de crecimiento que el planeamiento vigente mantiene en la actualidad, al objeto de cuestionar el modelo urbano que este plantea y contrastar tal situación con el nuevo contexto de la desaceleración de la expansión. Las expectativas de crecimiento del planeamiento se plantearon en un contexto de fuerte expansión urbana alimentada claramente por las dinámicas liberalizadoras del mercado del suelo. Y pese a los discursos académicos y políticos sobre la necesidad de replanteamiento del modelo de ciudad y urbano que tantas consecuencias negativas ha comportado para el territorio y el conjunto de la sociedad, una vez llegada la crisis, no parece que todo ello se refleje en las expectativas de crecimiento del planeamiento vigente. La estrategia urbanística del crecimiento expansivo vinculada al ciclo económico alcista no parece haber sido modificada en la planificación urbana lo que genera una evidente contradicción entre el nuevo contexto urbano impuesto por la crisis y los modelos de ciudad que la mayor parte de Planes Generales de Ordenación Urbana todavía reflejan. El trabajo interrelaciona ambas cuestiones en las ciudades medias, analizando primero la reciente evolución de la dinámica urbanizadora y considerando después la previsión de expectativa de crecimiento de la planificación municipal actual. Los resultados de este ejercicio generan una discusión sobre el modelo de urbanización, lo que se traduce a su vez en una conclusión relativa a la falta de sostenibilidad del planteamiento de ciudad que todavía pervive en la planificación urbana.

2. Metodología

Para abordar tales objetivos, a partir de las hipótesis formuladas, la investigación se ha desarrollado mediante un método deductivo, utilizando diversa información y desarrollando un tratamiento analítico de los datos mediante técnicas estadísticas y cartográficas. La información utilizada se ha centrado en el manejo de cuatro series de variables (población, vivienda, suelo urbanizado y potenciales de crecimiento

(suelo y viviendas) según el planeamiento urbanístico municipal vigente) aplicadas a un objeto de estudio definido (las áreas urbanas articuladas por ciudades medias en España). En relación con este planteamiento metodológico, cabe realizar algunas precisiones.

En primer lugar, resulta necesario identificar correctamente el ámbito territorial del estudio, centrado en las ciudades medias. En España, el umbral de población de las ciudades medias, según la Ley 7/85 de Bases de Régimen Local, estaría entre los 20.000 y los 100.000 habitantes. Sin embargo, los estudios académicos y los estudios técnicos territoriales amplían este intervalo que, en general, se sitúa entre los 50.000 y los 250.000 habitantes. Además, debe aclararse que, más allá de los municipios centrales, el objeto de estudio son las aglomeraciones o áreas urbanas que se han consolidado en el entorno de estas ciudades en España. Sobre este particular, aunque diversos autores han trabajado en propuestas de delimitación (López Trigal, 2014; Miramontes y Viera, 2016; Gómez, Vieira y Hernández, 2020) y existen también algunas divisiones de carácter funcional (INE, Urban Audit), no hay una clasificación oficial predominante y que esté completamente aceptada. Ante tal circunstancia, se ha tomado como referencia la propuesta de delimitación establecida en el Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MTMA, 2018a)³.

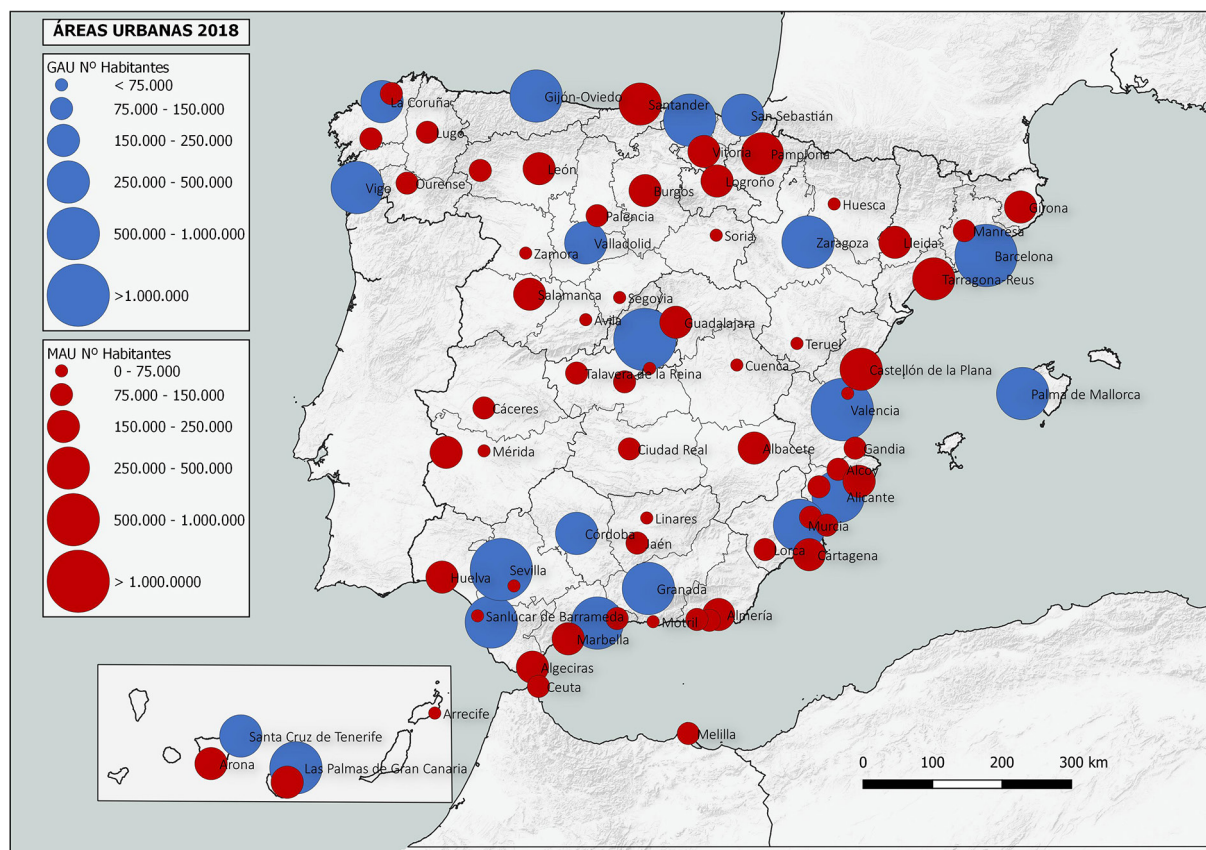
A partir de esta delimitación, el trabajo se ha planteado distinguiendo entre dos tipos básicos de áreas urbanas. Por un lado, aquel grupo configurado por las grandes áreas urbanas (GAU), articuladas por grandes metrópolis o grandes ciudades que suman más de 250.000 habitantes y que cuentan en el conjunto de su área urbana con más de 400.000 personas. Se trata de las siguientes 20 áreas urbanas: Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Bilbao, Málaga, Gijón-Oviedo, Zaragoza, Alicante, Cádiz-Jerez de la Frontera, Murcia, Vigo, Las Palmas de Gran Canaria, Palma de Mallorca, Granada, Santa Cruz Tenerife, La Coruña, San Sebastián, Valladolid y Córdoba. Por otro lado, las denominadas como MAU —áreas urbanas articuladas por ciudades medias—, cuya ciudad o ciudades “centrales” alojan entre 50.000 y 250.000 habitantes y, cuyo conjunto de población en el área no supera los 400.000 habitantes⁴. Este conjunto de MAU compone el objeto de estudio central, que se concreta en 60 áreas urbanas articuladas por 66 ciudades medias, siendo 6 de las áreas bipolares: Tarragona-Reus; Santander-Torrelavega; Castellón de la Plana-Vila-Real; Algeciras-La Línea de la Concepción; Marbella-Estepona; Santa Lucía de Tirajana-San Bartolomé. El conjunto de las 60 áreas está compuesto por 245 municipios (sobre un total de 8.131 municipios) que comprenden una superficie de 24.172 km² y alojan un total de 8.110.564 de habitantes, lo que supone un 17,5% de la población del conjunto del país y el 21% de la población urbana (Padrón Municipal, INE, 2018). El conjunto de las 80 áreas urbanas y su división en ambas categorías —GAU y MAU— según la población en 2018 se puede observar en la Figura 1.

El estudio se centra en la consideración de las dinámicas y expectativas de crecimiento de las MAU en España, si bien para ello se precisa también del análisis del conjunto del sistema urbano para contextualizarlo. Para ello, se trabaja igualmente la información estadística de las 20 GAU. El estudio contempla además un análisis en distintas escalas para el que se han delimitado las categorías de ciudades mayores (como cabeceras de las MAU) y ciudades medias (como cabeceras de las MAU). Esto ha permitido diferenciar las dinámicas de crecimiento y las expectativas de crecimiento urbanísticas no solo entre categorías de áreas urbanas (GAU vs MAU), sino también entre lo ocurrido en los municipios “centrales” (municipio mayor de cada área) respecto al resto de los municipios que componen las áreas urbanas. Esta diferenciación ha resultado particularmente interesante ya que, como se detalla más adelante, se aprecian dinámicas evolutivas diferenciales en las periferias de las áreas, fuera de los municipios principales, en los que se ha puesto de manifiesto más claramente el referido proceso de dispersión urbana. Finalmente, hay que indicar también que el análisis estadístico efectuado se ha completado con una categoría adicional, la de las áreas urbanas pequeñas (ciudades de entre 10.000 y 50.000 habitantes) para poder contextualizar la dinámica urbana general del conjunto de elementos del sistema.

3 El Atlas incluye datos sobre 86 áreas urbanas mayores de 50.000 habitantes que agrupan un total de 753 municipios. Estos municipios representan apenas el 9% del total nacional y en términos de superficie ocupan menos de un 10%, si bien en ellos habitan más de 32 millones de habitantes según los datos del Padrón Municipal de 2018 —cerca del 70% del total de la población—. La delimitación de las áreas urbanas que se establece en el Atlas parte de unos criterios que podemos resumir en los siguientes: las áreas urbanas deben contar con un municipio de al menos 50.000 habitantes; los municipios a incluir en las áreas plurimunicipales tendrán como mínimo 1.000 habitantes; se añaden Soria y Teruel, por su condición de capitales provinciales, aunque cuentan con menor número de habitantes.

4 Siguiendo el criterio de la delimitación del propio Atlas, se han incluido también en el estudio como ciudades medias, y por lo tanto también como MAU, Soria y Teruel que, aunque cuentan con menor población, son consideradas en este grupo de ciudades por su condición de capital provincial.

Figura 1. Distribución y localización de las grandes áreas urbanas (GAU) y de las áreas urbanas articuladas por ciudades medias (MAU)



Fuente: Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MTMA). 2018. Elaboración propia

El periodo de análisis se ha focalizado en las últimas cuatro décadas, con el interés de estudiar la evolución del sistema urbano en el marco del urbanismo municipalista desde el comienzo de la etapa democrática. Esto ha permitido identificar asimismo la evolución de las dinámicas urbanizadoras en los tres grandes periodos del urbanismo español reciente: 1979-1991 —reordenación-comienzo del crecimiento—, 1992-2007 —expansión acelerada-“boom” inmobiliario— y 2008-2019 —crisis económica-estancamiento— (Bellet, 2020). Sobre esta distribución temporal, se han establecido series decenales de información (1981, 1991, 2001, 2011 y 2018) referidas a las ciudades variables (población, vivienda y suelo urbanizado).

Para el estudio de las dinámicas de crecimiento se ha manejado la información procedente de los Censos de Población, Edificios y Viviendas de 1981, 1991, 2001 y 2011, completando la serie con los datos obtenidos del Padrón Municipal de Habitantes para el año 2018. El análisis sobre la evolución del parque de viviendas se ha desarrollado igualmente con la información obtenida del INE, mediante la consulta de los datos de los Censos de Vivienda entre 1981 y 2011. En el caso de esta variable, el dato relativo al número de viviendas en 2018 se ha completado mediante una estimación a nivel municipal del parque inmobiliario, obtenida a partir de los datos de referencia provincial que proporciona el MTMA, considerando la ratio de crecimiento 2011-2018. En tercer lugar, la fuente de información manejada para el estudio de la evolución del suelo artificializado ha sido obtenida del proyecto Corine Land Cover⁵. Esta fuente presenta sus resultados en capas de información geográfica, por lo que se han analizado estos archivos en un

⁵ Los datos sobre suelo artificializado proceden del proyecto europeo Corine Land Cover (Coordination of Information on the Environment-CLC). El proyecto, que dirige la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos europea a escala 1:100.000 sobre la cobertura y uso del territorio mediante la fotointerpretación a través de imágenes recogidas por la serie de satélites Landsat y SPOT.

Sistema de Información Geográfica (QGIS) para realizar el filtrado de las diferentes categorías de suelo y obtener la información ordenada y tabulada para las series temporales del mismo periodo. En este caso se ha trabajado así con información sobre el suelo artificializado en los años 1987, 2000, 2005, 2011 y 2018, según las fechas de cada serie cartográfica del referido proyecto. Finalmente, para poder estudiar las expectativas de crecimiento en suelo y vivienda se ha manejado la información que sobre planeamiento municipal vigente ofrece el Sistema de Información Urbana (SIU) del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana en su última versión (MTMA, 2018b). En este caso, se ha tabulado la información relativa a los potenciales de desarrollo de suelo (superficies en áreas de desarrollo), edificabilidad prevista y potenciales de vivienda de los diferentes municipios y áreas urbanas establecidas (GAU y MAU). La información proporcionada por todas estas fuentes se ha tratado después estadísticamente, elaborando tablas y cuadros resumen de las dinámicas más importantes por categorías. Asimismo, estos datos se han vinculado al referido SIG, para obtener cartografía temática que permitiera sintetizar los resultados obtenidos.

3. Resultados

3.1. La huella del urbanismo expansivo en áreas urbanas intermedias (1981-2018): crecimiento moderado, “boom” inmobiliario y nuevo cambio de ciclo

Desde la mitad de los años ochenta, las áreas urbanas articuladas por ciudades medias en España iniciaron una fase de crecimiento moderado vinculado a los nuevos planes generales que se habían ido gestando desde el comienzo del periodo democrático. El urbanismo desplegado durante los primeros años de los ayuntamientos democráticos se centró básicamente en la reforma y mejora de las estructuras y formas heredadas, tratando de mejorar los estándares de equipamiento y servicios urbanos, en general, transformar las periferias desestructuradas e impulsar o recuperar los centros urbanos en declive o fuerte proceso de transformación (Ferrer y Solà-Morales, 2005). El contexto a finales de esos años va cambiando con la integración del país a las dinámicas europeas y el traspaso de competencias a las diferentes comunidades autónomas que resultará en un reposicionamiento de las ciudades medias en el conjunto urbano del país que experimentaran notables crecimientos y mayores expectativas (Bellet y Olazabal, 2017)

Desde el inicio de los años noventa estas ciudades comenzaron a extenderse y los nuevos crecimientos afectaron de forma ya intensa a los municipios colindantes generando aglomeraciones supramunicipales y áreas urbanas entorno a ellas. Se iniciaron claramente procesos de extensión de la trama urbanizada, intensificándose las dinámicas de crecimiento. Este proceso dio lugar a nuevos espacios urbanos acompañados de profundas transformaciones morfológicas, funcionales y sociales de las ciudades. Estas nuevas piezas de la ciudad más allá de los límites municipales de las ciudades originales generaron una nueva estructura dispersa que comenzó a modificar claramente los rasgos de la tradicional forma y estructura urbana (compacta, intensa y con cierta densidad) (Cebrián, 2013; Bellet y Olazabal, 2017).

Iniciado este proceso de dispersión urbana, el verdadero crecimiento y expansión más importante de estas ciudades se produjo durante la década del 2000, al ritmo de los masivos desarrollos de suelos urbanizables y la producción de vivienda en el marco del “boom” inmobiliario: 1997-2007. Como ya se ha estudiado, este proceso fue configurando alrededor de las primitivas ciudades medias un conjunto urbano más extenso y menos denso, formando ciudades supramunicipales por la suma de fragmentos sin continuidad en su tejido urbano (Zúñiga, 2016; Olazabal y Bellet, 2018). Se han producido de este modo cambios muy significativos en el paisaje, la forma y la estructura urbana mediante procesos de consumo intensivo de suelo y extensivos en urbanización, con el resultado de una clara fragmentación en las formas de producción de los nuevos espacios urbanos (y la transformación de los existentes) (Cebrián y Sánchez, 2019).

Estos recientes procesos de urbanización pueden caracterizarse así de intensivos, por el volumen de la producción de suelo y vivienda; extensivos, por su alcance territorial; selectivos y fragmentados, por la fuerte especialización de los usos del suelo; y de carácter netamente privativo, por las morfologías de enclave y auto encerramiento que adoptan muchos de los diferentes desarrollos inmobiliarios. Asimismo, provocaron una significativa fragmentación espacial y social, modificando el rol y la dinámica territorial de estas ciudades (Bellet y Olazabal, 2017; Martínez, *et al.*, 2020). E, incluso, estas resultaron en la mayor especialización funcional de algunas áreas urbanas ya que la extensión del fenómeno urbanizador va más allá de lo meramente residencial y una parte muy relevante de la expansión responde al importante desarrollo de suelo destinado a usos industriales, logísticos u otras actividades económicas durante el “boom” inmobiliario (Andrés, 2019 y 2020).

Tabla 1. Dinámicas de crecimiento en municipios y áreas urbanas. 1981-2018

	Municipios	Superficie km ²	Dinámicas de crecimiento (% anual)		
			Población (1981-2018)	Vivienda (1981-2018)	Suelo Artific. (1987-2018)
GAU	488	23.045	0,74	1,84	2,00
Ciudades mayores	24	7.602	0,15	1,29	1,61
MAU	245	24.172	1,31	2,91	2,80
Ciudades medias	66	17.376	0,96	2,53	2,38
10.000-50.000	363	58.877	1,01	2,57	2,67
Total Urbano o AU	1.096	106.094	0,89	2,19	2,35

	Población 1981	Población 2018	Índice Crecimiento (1981=100)	Dinámicas de crecimiento (% anual) – POBLACIÓN			
				% 1981-1991	% 1991-2001	%2001-2011	% 2011-2018
GAU	18.623.327	23.704.235	127,28	0,41	0,6	1,39	0,17
Ciudades mayores	11.920.928	12.574.674	105,48	-0,14	-0,08	0,78	0,00
MAU	5.458.167	8.110.564	148,60	1,07	1,02	2,11	0,08
Ciudades medias	4.677.881	6.337.802	135,48	0,95	0,69	1,60	-0,03
10.000-50.000	5.021.386	6.895.857	137,33	0,59	0,87	1,96	-0,04
Total Urbano o AU	29.102.880	38.710.656	133,01	0,57	0,73	1,64	0,11

	Vivienda 1981	Vivienda 2018	Índice Crecimiento (1981=100)	Dinámicas de crecimiento (% anual) – VIVIENDA			
				% 1981-1991	% 1991-2001	%2001-2011	% 2011-2018
GAU	6.746.453	11.345.204	168,17	1,36	2,22	1,87	0,28
Ciudades mayores	4.255.467	6.287.373	147,75	0,89	1,67	1,4	0,28
MAU	2.164.305	4.492.842	207,59	2,46	3,13	2,48	0,24
Ciudades medias	1.795.890	3.479.172	193,73	2,16	2,89	2,14	0,25
10.000-50.000	2.085.076	4.065.738	194,99	2,49	2,51	2,28	0,23
Total Urbano o AU	10.995.834	19.903.784	181,01	1,79	2,47	2,09	0,26

	Suelo 1981 (Ha)	Suelo 2018 (Ha)	Índice Crecimiento (1987=100)	Dinámicas de crecimiento (% anual) – SUELO ARTIFICIALIZADO			
				% 1987-2000	% 2000-2005	%2005-2011	% 2011-2018
GAU	239.041	387.327	162,03	1,90	2,95	2,19	0,01
Ciudades mayores	94.590	141.797	149,91	1,56	2,63	1,89	-0,15
MAU	102.688	191.726	186,71	2,21	4,21	3,22	0,06
Ciudades medias	72.226	125.484	173,74	1,89	3,94	2,88	-0,10
10.000-50.000	114.559	209.480	182,86	1,72	4,47	3,49	0,15
Total Urbano o AU	456.288	788.533	172,81	1,92	3,61	3,75	-0,63

Fuente: Censos de Población y Viviendas de 1981, 1991, 2001 y 2011; Padrón Municipal de Habitantes 2018; Estadística de Viviendas 2018 del MTMA (estimación a partir del dato provincial según ratios de crecimiento 2011-2018); Corine Land Cover (CLC) (1987, 2000, 2005, 2011 y 2018). Elaboración propia

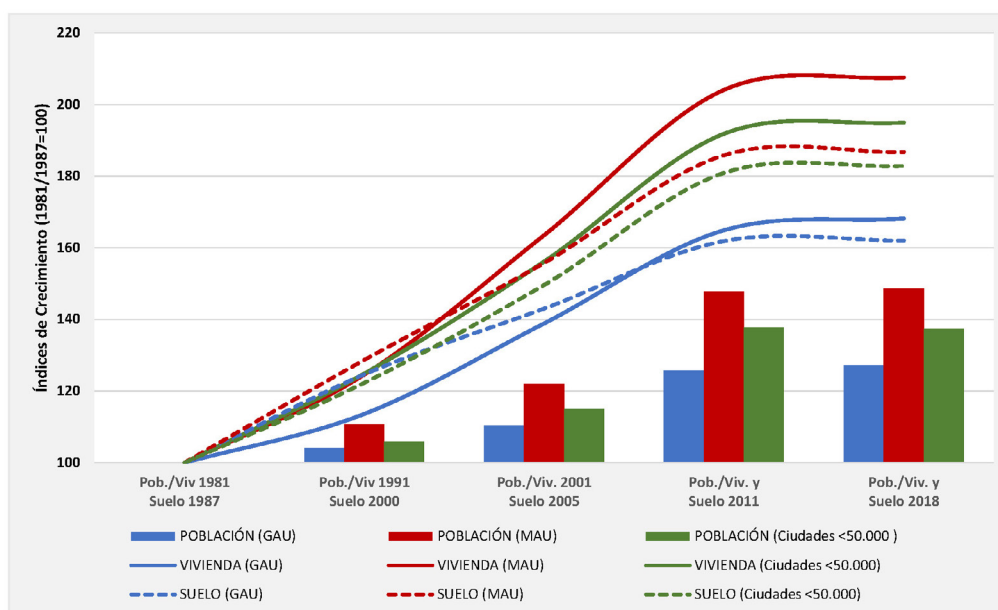
Como consecuencia de esta sucesión de transformaciones, la extensión de las áreas urbanas intermedias en las últimas cuatro décadas ha sido muy notable, hasta el punto de que se ha modificado el argumento tradicional de que dichas ciudades están esencialmente configuradas por un núcleo histórico central que se expandió básicamente en el crecimiento del desarrollismo industrial (durante las décadas de 1960 y 1970). Actualmente, cerca de la mitad del suelo urbanizado en las ciudades medias españolas es posterior a 1980, lo que pone de manifiesto la significativa transformación urbanística de estas ciudades en las décadas del periodo analizado. Si se desgrana con detenimiento la información que contiene la tabla 1, en la que se incluye la evolución de tres de las variables de estudio (población, vivienda y suelo urbanizado) entre 1981 y 2018, se puede confirmar la intensidad de este proceso.

En concreto, las áreas urbanas intermedias han pasado de apenas 100.000 ha de suelo urbanizado en 1981 a más de 191.000 ha en 2018, esto es un incremento del 86% del espacio urbano en las últimas cuatro décadas. En el mismo periodo, el número de viviendas en estas ciudades ha pasado de 2,1 a 4,5 millones de inmuebles, manifestando un crecimiento aún más intenso (del 107% del parque). Sin embargo, la población únicamente ha variado de 5,4 a 8,1 millones de personas, con un índice de crecimiento del 48%. Los datos generales son, por lo tanto, bien reveladores ya que, de partida, se observa cómo el proceso de urbanización manifiesta un fuerte desajuste entre el crecimiento demográfico y la expansión urbanística e inmobiliaria, indicando las pautas de un modelo altamente especulativo y que, como ya se ha mostrado en otros estudios, tiende a la baja densidad (Monclús, 1998). Pero más allá de esta premisa, los cambios en la intensidad del proceso y el carácter de la nueva urbanización sugieren una serie de cuestiones que muestran singularidades en las formas del crecimiento urbano acumulado en las áreas urbanas intermedias:

- En primer lugar, se puede observar cómo las MAU experimentan en los últimos 40 años un crecimiento relativo significativamente superior al de la media de las ciudades españolas. Las áreas urbanas intermedias incrementan su población en casi un 50% de efectivos respecto a los años ochenta y multiplican por dos el volumen de su parque inmobiliario y la superficie de su espacio urbanizado situándose a la cabeza del sistema urbano y muy por encima de las GAU. En concreto, el incremento demográfico de estas áreas en este periodo está 15 puntos porcentuales por encima de la media del resto de elementos del sistema urbano y 21 puntos más que el de las grandes ciudades, presentando tendencias de crecimiento aún más acusadas en los casos de la vivienda (26 puntos porcentuales sobre la media y 39 sobre las grandes ciudades) y el suelo urbanizado (14 puntos porcentuales sobre la media y 24 sobre las grandes ciudades). Si se observa el porcentaje de variación anual del crecimiento, las diferencias son igualmente notables ya que las áreas urbanas intermedias manifiestan una variación positiva de 1,31% anual en la dinámica demográfica, un 2,91% anual en el crecimiento de la vivienda y un 2,80% anual en la expansión del suelo urbanizado. Los mismos valores son notablemente inferiores en el caso de las grandes áreas urbanas -0,74% anual en población, 1,84% anual en vivienda y 2% anual en suelo urbanizado- y en el conjunto del sistema urbano nacional —0,89% anual en población, 2,19% anual en vivienda y 2,35% anual en suelo urbanizado—. Por lo tanto, puede decirse que, en términos relativos, las áreas urbanas intermedias son claramente la tipología de ciudad que más crece durante las últimas décadas en España.
- La segunda cuestión relevante viene determinada por esa intensa diferencia que se observa entre el crecimiento de la población, por un lado, y el parque de viviendas y el suelo urbanizado, por otro. Tal y como se ha visto, como norma general, el crecimiento inmobiliario y la expansión urbana doblan la ratio del incremento demográfico en las áreas urbanas intermedias, confirmándose el planteamiento realizado acerca del carácter especulativo del crecimiento basado en un tipo de urbanismo que se acoge a los principios de la liberalización del suelo y de un crecimiento económico basado en el consumo de suelo urbano y la producción inmobiliaria. Y esta cuestión se acentúa más en términos comparativos, ya que nuevamente las MAU destacan respecto a la media y el resto de elementos del sistema urbano. Quiere esto decir, que estas áreas urbanas no solo crecen más que el resto en términos relativos, sino que en ellas se manifiesta además el desajuste más intenso entre el crecimiento demográfico y la expansión urbana⁶. Puede decirse, por tanto, que son las MAU el tipo de ciudad en el que mejor se aprecia, si cabe, la consolidación de un modelo de urbanización con menor densidad y tendente a la difusión mediante pautas de fragmentación.

6 En este proceso hay que destacar la singularidad de la intensidad del crecimiento demográfico que se produce en las MAU durante la década del 2.000, con una tasa que dobla a la del resto de ciudades del sistema urbano. Pese a que, en conjunto, tal y como se ha indicado, el crecimiento demográfico está muy desacompañado de la expansión urbana e inmobiliaria.

Figura 2. Índices de crecimiento en municipios y áreas urbanas. 1981-2018. 1981=100

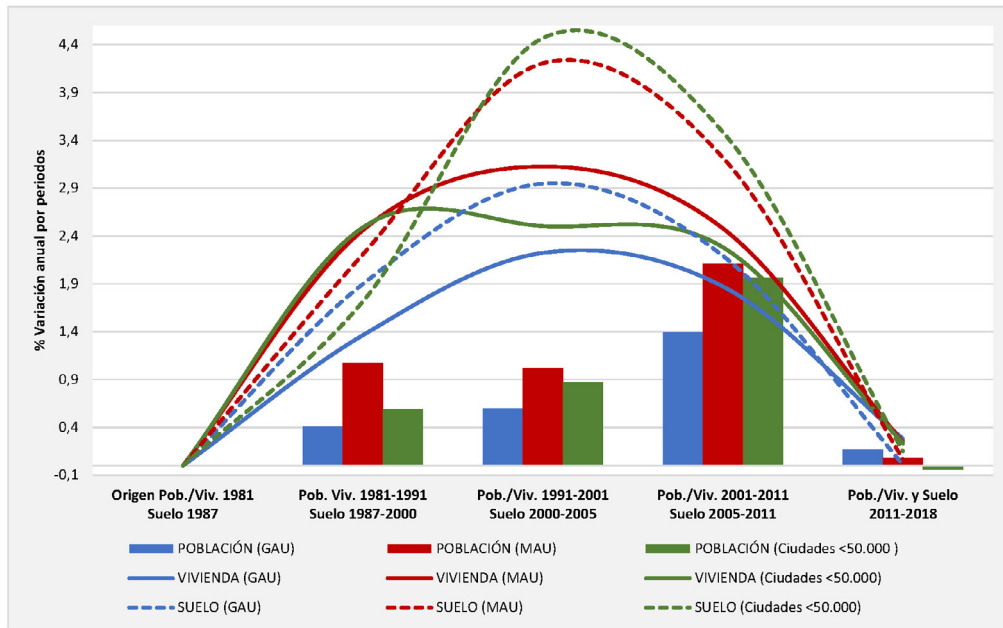


Fuente: Censos de Población y Viviendas de 1981, 1991, 2001 y 2011. Padrón Municipal de Habitantes 2018. Estadística de Viviendas 2018 del MTMA (estimación a partir del dato provincial según ratios de crecimiento 2011-2018). Corine Land Cover (CLC) (1987, 2000, 2005, 2011 y 2018). Elaboración propia

- En tercer lugar, debe destacarse, tal y como puede apreciarse en los gráficos que se adjuntan, la intensidad creciente de este proceso durante las últimas cuatro décadas, pudiendo diferenciarse claramente las fases del crecimiento moderado inicial, la expansión acelerada del “boom” inmobiliario, en un segundo momento, y una clara ralentización del proceso durante los últimos años. Tal y como reflejan las citadas figuras y se puede ver en la mencionada tabla, desde la década de 1980 se inicia un crecimiento sostenido que se acelera notablemente en las décadas de 1990 y 2000. De nuevo las áreas urbanas articuladas por ciudades medias manifiestan las ratios más altas del sistema urbano, con porcentajes de incremento anual de la vivienda y el suelo por encima del 3,1 y el 4,2% durante esta fase central del crecimiento —frente a un 2,2 y 2,9 de las GAU—.
- Finalmente, como cuestión también ilustrativa del proceso de expansión hacia la periferia, cabe destacar que son los municipios menores de las diferentes aglomeraciones o áreas urbanas los que experimentan de forma relativa los mayores crecimientos en las diferentes variables —frente al menor dinamismo de los municipios de las ciudades centrales—. Sólo hace falta contrastar los crecimientos del conjunto de las GAU con los de las ciudades mayores, o los crecimientos del conjunto de las MAU con el experimentado en las ciudades medias para advertir esta cuestión. En el caso de las GAU, los municipios del entorno crecen un 22% más en población, un 21% más en vivienda y un 13% más en suelo urbanizado que la ciudad central durante el periodo 1981-2018. En el caso de las MAU, las periferias superan a las ciudades medias centrales en un 13% —población—, 14% —vivienda— y 13% —suelo urbanizado—.

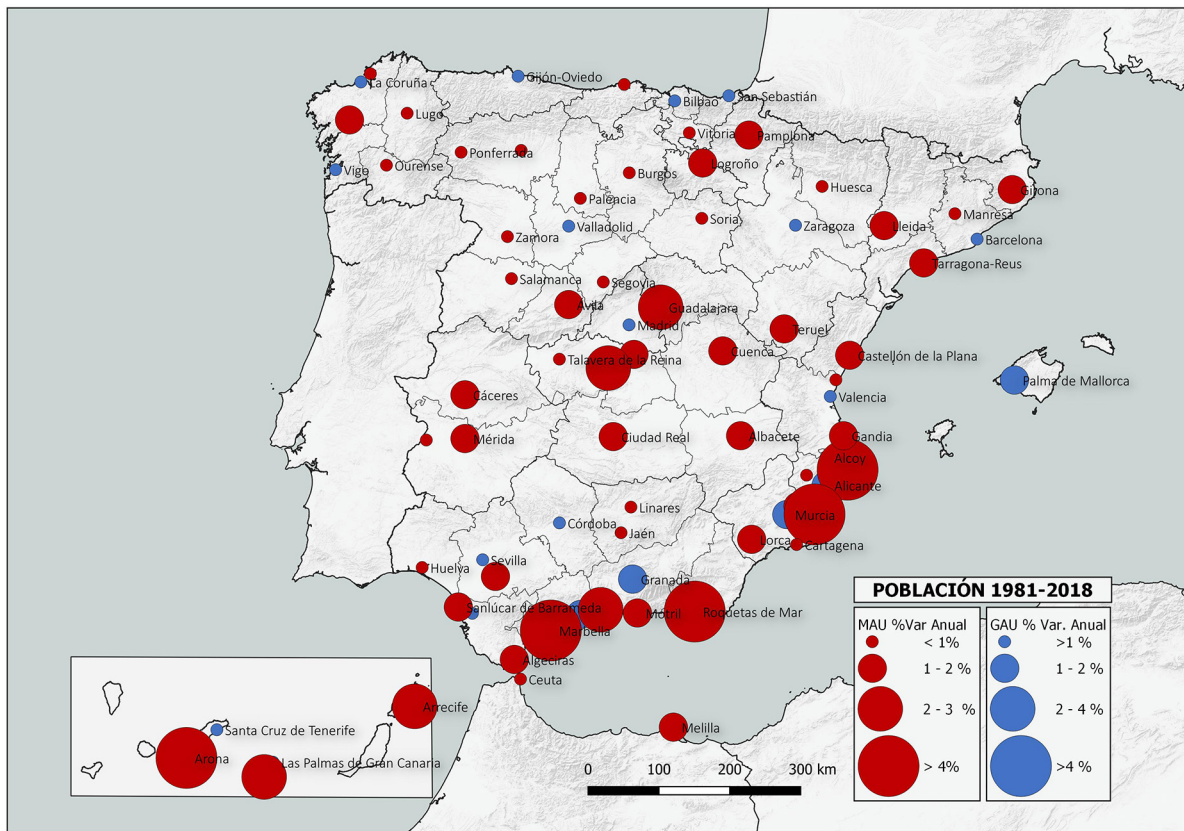
El comportamiento de todas las variables indica así la evolución del proceso de expansión y crecimiento que han sufrido las ciudades españolas en las últimas décadas y, muy especialmente, la intensidad con la que se manifiesta este fenómeno en las áreas urbanas que articulan las ciudades medias. En esta tipología de ciudades se ha consolidado una estructura urbana con un significativo grado de dispersión que no existía al comienzo de este periodo y se manifiestan unos índices relativos de vivienda y suelo urbanizado por cada 1.000 habitantes notablemente más altos que los del resto de ámbitos urbanos (entre un 15 y un 50% superiores a los de las grandes ciudades). Como media, en las MAU hay 553 viviendas/1.000 hab frente a las 478 viviendas/1.000 hab de las GAU y la diferencia es similar en el caso de la ratio de suelo urbanizado por cada 1.000 personas (23 frente a 16 ha). Sin embargo, estas transformaciones no son homogéneas y varían en función de la posición geográfica de las áreas urbanas, su articulación a los sistemas territoriales más dinámicos y la incidencia y las características de las políticas aplicadas a escala local.

Figura 3. Porcentajes de variación anual por periodos en municipios y áreas urbanas. 1981-2018



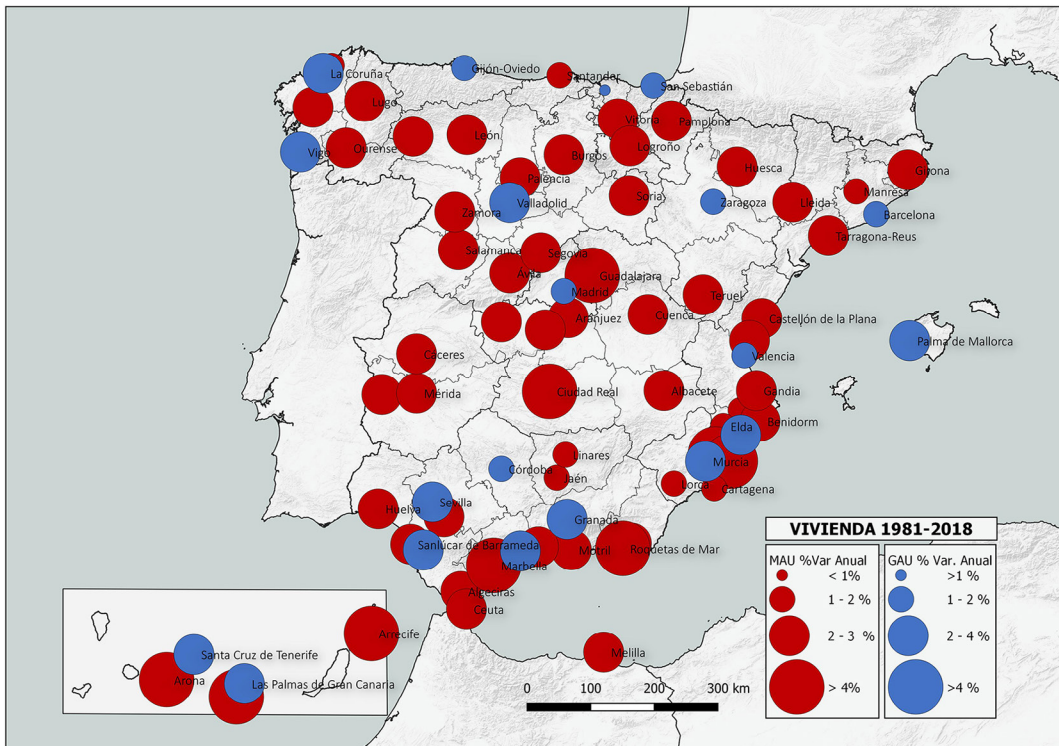
Fuente: Censos de Población y Viviendas de 1981, 1991, 2001 y 2011. Padrón Municipal de Habitantes 2018. Estadística de Viviendas 2018 del MTMA (estimación a partir del dato provincial según ratios de crecimiento 2011-2018). Corine Land Cover (CLC) (1987, 2000, 2005, 2011 y 2018). Elaboración propia

Figura 4. Dinámica de crecimiento de la población en las áreas urbanas españolas (GAU-MAU; % variación anual 1981-2018)



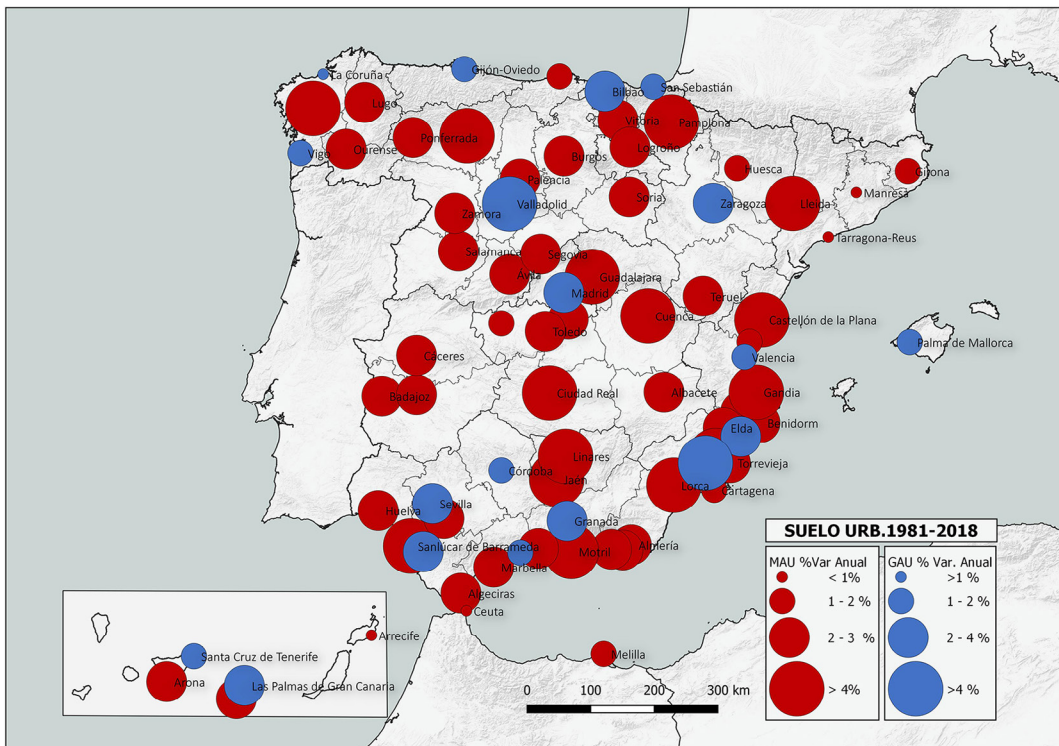
Fuente: Censos de Población y Viviendas de 1981, 1991, 2001 y 2011. Padrón Municipal de Habitantes 2018. Elaboración propia

Figura 5. Dinámica de crecimiento de la vivienda en las áreas urbanas españolas (GAU-MAU; % variación anual 1981-2018)



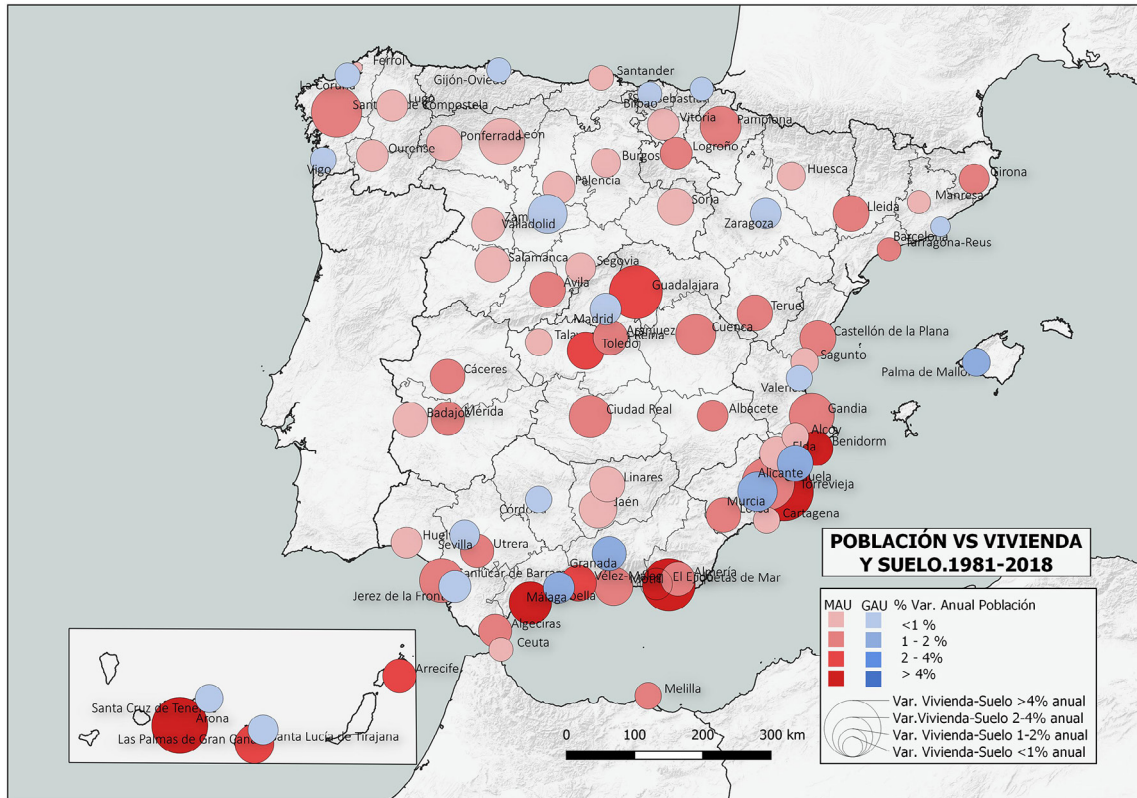
Fuente: Censos de Población y Viviendas de 1981, 1991, 2001 y 2011. Estadística de Viviendas 2018 del MTMA (estimación a partir del dato provincial según ratios de crecimiento 2011-2018). Elaboración propia

Figura 6. Dinámicas de crecimiento del suelo urbanizado en las áreas urbanas españolas (GAU-MAU; % variación anual 1981-2018)



Fuente: Corine Land Cover (CLC) (1987, 2000, 2005, 2011 y 2018). Elaboración propia

Figura 7. Gradiente comparativo del crecimiento entre población y vivienda-suelo en las áreas urbanas españolas (GAU-MAU; % variación anual 1981-2018)



Fuente: Censos de Población y Viviendas de 1981, 1991, 2001 y 2011. Padrón Municipal de Habitantes 2018. Estadística de Viviendas 2018 del MTMA (estimación a partir del dato provincial según ratios de crecimiento 2011-2018). Corine Land Cover (CLC) (1987, 2000, 2005, 2011 y 2018). Elaboración propia

En las Figuras 4 a 7 puede verse la distribución territorial de estas dinámicas de crecimiento, mediante la representación cartográfica de las variables de población, vivienda y suelo y su comparación evolutiva. Los mapas confirman claramente el resultado obtenido en el análisis de los datos, en cuanto a la diferencia relativa de crecimiento ya explicada que se aprecia en las áreas urbanas intermedias. Como puede verse, las MAU crecen muy por encima de las GAU y se observan igualmente los desajustes entre crecimiento demográfico y expansión urbana. En este sentido, se diferencian claramente las ciudades medias del litoral mediterráneo, vinculadas a las dinámicas turísticas, en las que sí se aprecia la intensidad demográfica a la par del crecimiento urbano. Más allá de esta cuestión, como norma general, la cartografía muestra de forma evidente la consolidación de los sistemas dinámicos de áreas urbanas articuladas por ciudades medias: por un lado, el conjunto de ciudades que, desde Algeciras a Girona, configuran el eje mediterráneo —con una especial intensidad del proceso urbanizador en Alicante, Valencia y Murcia—; las ciudades medias vinculadas a la dinámica metropolitana de Madrid, con el área urbana de Guadalajara como máximo exponente de la expansión; en tercer lugar, las ciudades vinculadas a la expansión de la conurbación de Bilbao y el crecimiento de las ciudades vascas (Vitoria, Logroño, Pamplona), con dinámicas expansivas llamativamente por encima de su transformación demográfica; el conjunto de ciudades de la costa gallega (Vigo-Santiago-Coruña); y la mayor parte de ciudades medias del interior peninsular, con una generalizada atonía demográfica y en las que, sin embargo, se presenta igualmente intenso el proceso expansivo del “boom” inmobiliario. Sin duda alguna, estos mapas muestran claramente la huella del urbanismo expansivo sostenido en las áreas urbanas españolas en el periodo 1981-2018 y dibujan claramente el resultado del fuerte crecimiento y la gran extensión en suelo urbanizado e inmobiliaria de todas las ciudades durante este periodo. Pero si, más allá de la tendencia general y de las distintas fases y particularidades comentadas, se observa el último periodo, es posible atisbar claramente un cambio de ciclo. Resulta, en consecuencia, obligado estudiar si el modelo urbano y de crecimiento del planeamiento urbanístico refleja estas nuevas circunstancias.

3.2. ¿Cambio de modelo? Modelos de ciudad y expectativas de crecimiento en el planeamiento municipal vigente de las áreas urbanas articuladas por ciudades medias

En esta aportación, a falta de un estudio de las diferentes situaciones en detalle, lo que se pretende analizar son los datos generales sobre estructura de la clasificación de suelo y las previsiones de crecimiento presentes en el mismo (áreas de desarrollo en suelo urbano no consolidado y suelo urbanizado delimitado; viviendas previstas) al objeto de comprobar si esta hipótesis sobre la falta de encaje entre las ideas del planeamiento urbano y sus evidencias se corrobora. Para ello, como ya se ha explicado, se ha utilizado una cuarta variable en la investigación, sumando a los datos de población, vivienda y suelo ya estudiados, la consideración de la información sobre expectativas de crecimiento del planeamiento vigente. Los datos han sido igualmente tratados como en el apartado anterior por áreas urbanas y se ha analizado también la información en las distintas escalas propuestas, desde las ciudades más pequeñas a las GAU, considerando la escala intermedia de las MAU.

Tabla 2. Áreas de desarrollo, expectativas e indicadores de crecimiento según el planeamiento vigente en áreas y municipios urbanos de más de 10.000 habitantes en España. Año 2018

	Áreas de desarrollo (Ha)	Áreas de desarrollo/ Suelo Urbano	Edificabilidad en áreas de desarrollo (m ²)	% Edificabilidad en uso residencial	Viviendas previstas
GAU	140.151	0,55	551.760.958	62,4	2.708.610
Ciudades mayores	44.039	0,49	188.653.306	67,2	1.065.658
MAU	102.725	0,85	391.806.883	68,2	2.028.066
Ciudades medias	63.745	0,80	182.052.966	72,7	1.401.811
10.000-50.000	109.071	0,80	450.216.509	56,5	1.861.242
Total Urbano o AU	351.948	0,68	1.393.784.350	62,1	6.597.918

Fuente: Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas del MTMA. 2018. Elaboración propia

Lejos de lo que parecería desprenderse de los actuales discursos sobre la moderación en los crecimientos, que llegan incluso de facto a la reclasificación de suelo urbanizable a suelo no urbanizable realizada en algunas comunidades (Calderón y García, 2017), la expectativa de desarrollo de suelo en el planeamiento urbano en muchos municipios españoles continúa siendo considerablemente alta. Según los datos de información urbanística del Atlas Estadístico Digital de las Áreas Urbanas del MTMA a fecha de 2018 los municipios urbanos (más de 10.000 habitantes) o contenidos en áreas urbanas (delimitadas en Atlas Estadístico) tienen un potencial de crecimiento de algo más de 350.000 ha (460.000 Ha en todos los municipios españoles contemplados en el Atlas). Esta capacidad de nuevos sectores residenciales de desarrollo se corresponde con un volumen potencial de 6.597.918 viviendas, cuando el MTMA calcula que el parque de viviendas en el conjunto del Estado en 2018 es de 25.712.744 inmuebles. Es decir, el planeamiento urbano actualmente vigente en las ciudades españolas permitiría un crecimiento del parque, en el contexto actual de paralización y crisis, superior al 25% del parque ya existente en la actualidad. Se trata de unas perspectivas de crecimiento muy notables que no solo contradicen los discursos oficiales sobre la sostenibilidad del modelo, sino que además no encajan con la evidencia de la dinámica urbanizadora que reflejan los datos desde el año 2008 y las perspectivas del mismo a medio plazo. Estas altas expectativas de crecimiento encuentran un primer motivo en el hecho que el 58,4% del planeamiento vigente fue redactado entre 1992 y 2007, un período en el que las dinámicas de crecimiento demográficas eran altas y fueron multiplicadas en materia de producción de suelo por un mercado claramente expansivo y especulativo, como se ha visto.

Este desajuste es particularmente intenso de nuevo en el caso de las áreas urbanas articuladas por ciudades medias, en las que la expectativa de crecimiento del planeamiento se mantiene con intensidad y refleja de nuevo una clara variación entre la realidad de lo ya urbano consolidado y la capacidad de crecimiento del plan (áreas de desarrollo: suelo urbano no consolidado + suelo urbanizable). Concretamente, las áreas urbanas intermedias albergan el 21% de la población urbana y representan el 22,8% de la superficie, pero alcanzan sin embargo el 29,2% de la superficie en áreas de desarrollo, el 30,49% de la edificabilidad prevista y el 30,7% de las viviendas en sectores o áreas de desarrollo futuros (suelo urbanizable y urbano no consolidado) del conjunto de municipios y áreas urbanas del país. En estos municipios se prevé una capacidad de 2.028.066 nuevas viviendas en nuevos sectores con una superficie de 102.725 ha.

De concretarse tales actuaciones, el parque de viviendas de las áreas urbanas articuladas por ciudades medias se incrementaría en un 49,5% respecto al parque actual, incidiendo en fuerte transformación de estos conjuntos urbanos. Además, debe señalarse que buena parte de esas expectativas se concentran en los municipios del área urbana inmediatos a las ciudades medias donde, de forma relativa, la producción inmobiliaria fue ya importante durante el anterior “boom” inmobiliario. Estos municipios concentran hoy buena parte de las reservas de suelo y potencial de vivienda de las áreas articuladas por ciudades medias.

Estas notables expectativas de crecimiento de las MAU pueden relacionarse, primero y como ya se ha indicado, con la fecha de aprobación de los Planes de Ordenación Urbana. De hecho, un 69% de los Planes de Ordenación de los municipios de las MAU se aprobaron entre 1992 y 2008, el gran período de expansión urbana, lo que relaciona las previsiones de los actuales PGOU con el periodo del “boom”. Aunque, por otra parte, también debe tenerse en cuenta que la localización de cada área, el perfil y la dinámica económica de cada territorio resultan otra clave explicativa de las diferencias existentes entre las expectativas de las áreas y los modelos de desarrollo urbano que estas reflejan.

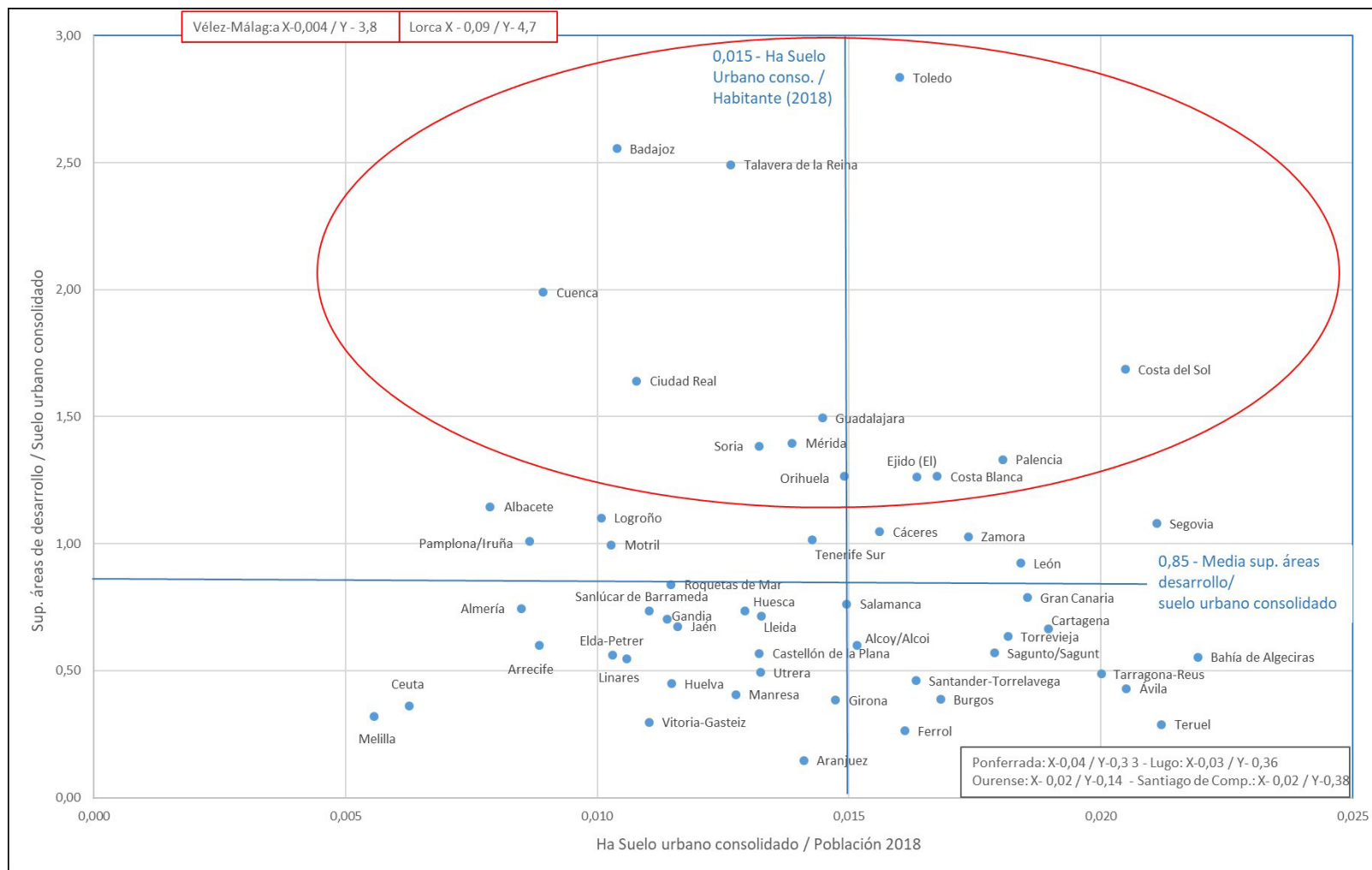
En otros trabajos se ha mantenido que las ciudades medias, al menos las del interior peninsular, habían logrado mantenerse más o menos compactas hasta la explosión del “boom” inmobiliario, momento a partir del cual las manchas urbanas, además de dispersarse y fragmentarse por el territorio, se extendían con densidades menores (Olazabal y Bellet, 2019). En el apartado anterior se ha comprobado cómo, en efecto, las variables estadísticas tratadas corroboran este proceso y las dinámicas de urbanización de las últimas décadas ofrecen como resultado una estructura urbana intensamente alterada.

Lo que se plantea aquí es que el modelo urbano (cociente de suelo en áreas de desarrollo o suelo sectorizado sobre suelo urbano consolidado), tal y como se desprende del planeamiento municipal aprobado y vigente, parece apoyarse todavía en la expansión del crecimiento urbano basado además en la media y media-baja densidad. Dicho de otro modo, la propuesta de ciudad que contienen los PGOU vigentes actualmente en las MAU continúa siendo claramente expansiva y apuesta por la continuidad en la extensión de la urbanización. Y es que, la superficie ordenada en nuevos desarrollos en las áreas urbanas intermedias por el planeamiento actual implica que, en conjunto, podría aumentar el suelo urbano de estas ciudades en un 85%. De hecho, estas ciudades incrementaron su superficie urbanizada entre 1981 y 2018 en aproximadamente 91.000 ha y el actual planeamiento prevé una cantidad de suelo aún mayor — más de 102.000 ha— para las expectativas de crecimiento vigentes.

En la Figura 8 se sintetizan las expectativas de crecimiento a través de un índice que relaciona el crecimiento de suelo en áreas de posible desarrollo con la densidad relativa del suelo urbano ya consolidado. Se destacan, con un círculo rojo, aquellas áreas urbanas cuyo planeamiento vigente permitiría duplicar ampliamente la superficie de suelo urbano consolidado si se desarrollaran el conjunto de las áreas previstas. Los municipios contenidos en estas áreas urbanas articuladas por ciudades medias presentan un índice de crecimiento superior al 1,25: Vélez-Málaga, Lorca, Toledo, Badajoz, Talavera, Cuenca, Ciudad Real, Costa del Sol, Guadalajara, Soria, Mérida, Palencia, Orihuela, El Ejido y Costa Blanca. En este grupo hay que señalar, además, que en muchos casos el modelo urbano existente, con mayor densidad vinculada a ciudades históricas, podría verse comprometida con el desarrollo de tal potencial de nuevo suelo.

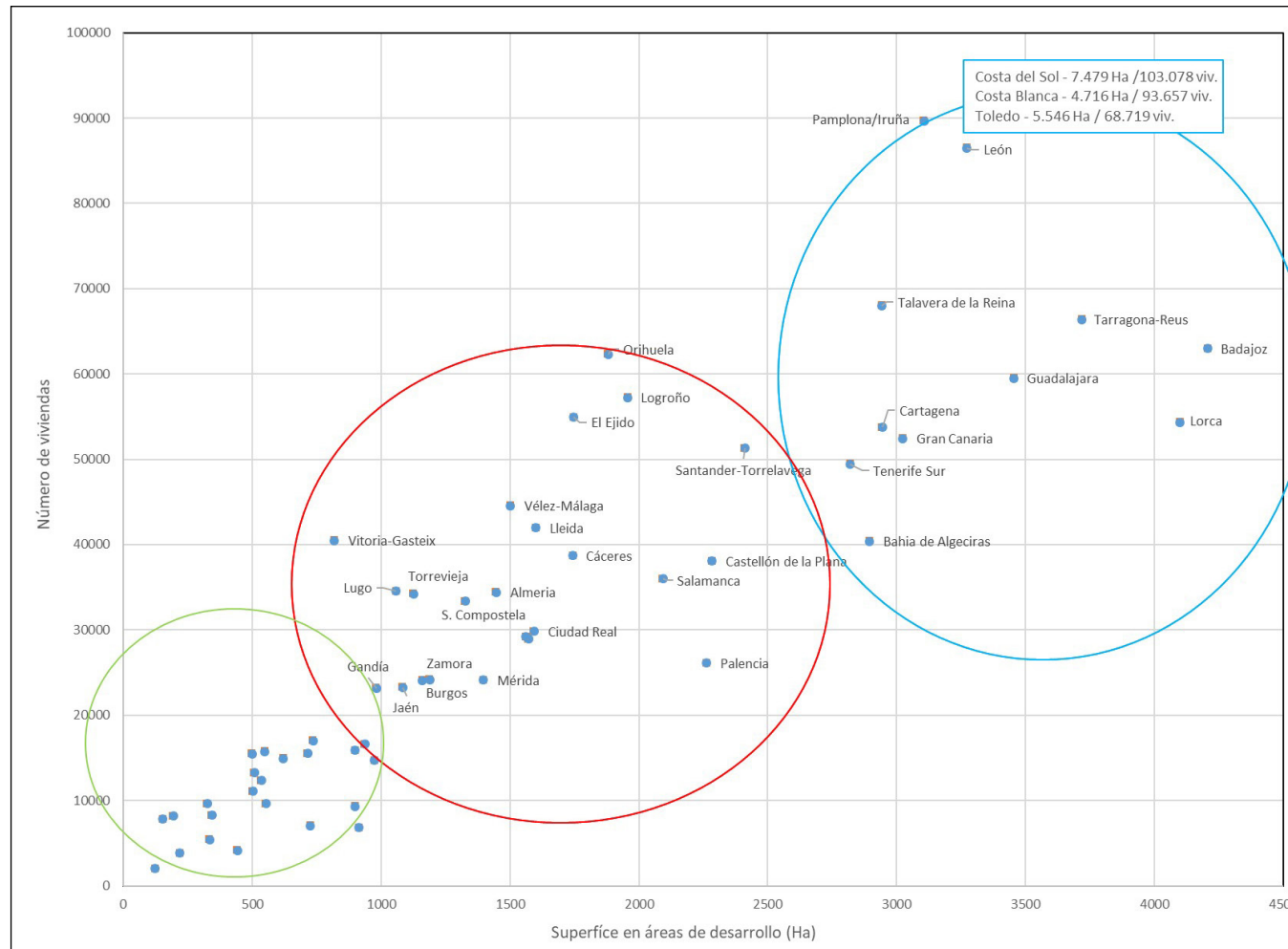
El análisis más detallado de la superficie de estas áreas de desarrollo y el potencial de viviendas asociado a ellas permite caracterizar mejor las expectativas de crecimiento de las diferentes áreas urbanas. En la Figura 9 se ha representado la ratio entre superficie prevista en los nuevos desarrollos y su correspondencia con número de nuevas viviendas. El resultado es igualmente ilustrativo ya que en la mayor parte de áreas urbanas intermedias se aprecia una alta previsión de nuevo suelo urbanizable con una fuerte intensidad de nuevas viviendas. En el círculo señalado en color azul pueden identificarse las áreas urbanas de Costa del Sol, Costa Blanca, Toledo, Pamplona, León, Talavera de la Reina, Tarragona-Reus, Badajoz, Guadalajara, Lorca, Cartagena, Gran Canaria, Tenerife y Algeciras. Se trata de conjuntos en los que la previsión de nuevas viviendas es superior a las 40.000 viviendas en nuevos desarrollos con capacidad de más de 3.000 hectáreas de nuevos ámbitos —en algunos casos, como los de las áreas en litorales turísticos se alcanzan previsiones cercanas a 100.000 nuevas viviendas—. En un segundo grupo, destacado en color rojo, se pueden apreciar muchas de las capitales del interior peninsular, que igualmente mantienen un modelo de fuerte expectativa de crecimiento y modelizan el perfil tipo del planeamiento en este tipo de ciudades. Se trata de núcleos en cuya planificación está prevista una capacidad de nuevas áreas de desarrollo de entre 1.000 y 3.000 ha y con capacidad para construir un total de entre 20 y 50.000 viviendas —Jaén, Burgos, Mérida, Zamora, Palencia, Ciudad Real, Almería, Santiago de Compostela, Lugo, Salamanca, Castellón, Cáceres, Lleida, Vitoria, Santander, Logroño...—.

Figura 8. El modelo urbano y el modelo de crecimiento: suelo en áreas de desarrollo y suelo urbano por habitante en áreas urbanas articuladas por ciudades medias (2018)



Fuente: Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas del MTMA. 2018. Padrón Municipal de Habitantes 2018. Elaboración propia

Figura 9. Expectativas de crecimiento en áreas de desarrollo según planeamiento vigente en las áreas urbanas articuladas por ciudades medias (2018). Superficie y número de viviendas previstas en nuevos desarrollos



Fuente: Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas del MTMA. 2018. Padrón Municipal de Habitantes 2018. Elaboración propia

Estas cifras revelan la evidencia de que el discurso del urbanismo que modera los crecimientos no se refleja aún en el planeamiento de las ciudades medias españolas que sigue presentando en general el modelo expansivo del período anterior. Y abre una evidente discusión sobre las diferencias existentes entre las dinámicas reales de la urbanización reciente y las expectativas del posible desarrollo mediante nuevos sectores de desarrollo (suelo urbano no consolidado y suelo urbanizable) que permitirían continuar extendiendo aún más estas ciudades y sus áreas urbanas. A mediados de los años ochenta únicamente en ocho de las 60 áreas urbanas articuladas por ciudades medias se superaban las 3.000 ha de suelo urbanizado. En la actualidad, esa cifra se supera en 26 de las 60 áreas urbanas intermedias. Haciendo la misma comparativa, en 1981 solamente en siete de estas ciudades había más de 60.000 viviendas. Hoy en día, esta cifra se supera en 30 de las 60 áreas urbanas. El crecimiento y la fuerte extensión son por lo tanto manifiestos y hablan de un modelo urbano focalizado en los procesos de crecimiento que, en el actual contexto de crisis y evidente cambio de ciclo, genera incertidumbre, una tensión latente y una notable contradicción.

4. Discusión

Las evidencias del cambio de ciclo en el proceso urbanizador son muy claras analizando la información estadística que se ha considerado y repasando otras aportaciones que estudian la evolución del mercado inmobiliario. Tal y como indican las cifras, desde el año 2008 se abre una evidente paralización de los crecimientos que indica un cambio de tendencia. Durante la última década, las ciudades medias no crecen demográficamente y se han quedado claramente estancadas en su evolución, dado el parón inmigratorio. Al mismo tiempo, la crisis económica ha supuesto un intenso frenazo al proceso constructivo y a la expansión urbana. A partir del año 2008 en la práctica totalidad de áreas urbanas intermedias se han detenido los procesos de urbanización de nuevos ámbitos urbanos y la construcción se centra en la reforma interior de los espacios preexistentes y en la promoción de actuaciones en suelos urbanos no consolidados.

La situación general del mercado de la vivienda en España marca un claro hito, con el comienzo de un nuevo período que cierra una prolongada fase expansiva sustentada por los fuertes crecimientos económicos y las dinámicas hiper alcistas de los mercados en tiempos de bonanza (García, *et al.*, 2020). Este cambio de ciclo deja atrás unas décadas de fortísimos crecimientos absolutos y relativos, que han redimensionado el sistema urbano y han relegado en muchos casos a posiciones secundarias las tradicionales fases predominantes del urbanismo desarrollista anterior. Muchas ciudades medias y sus áreas urbanas han crecido más desde 1980 de lo que habían crecido con anterioridad a lo largo de toda su evolución. Esta realidad del urbanismo expansivo ha puesto de manifiesto dos situaciones patológicas de este modelo urbano, acertadamente recogidas por Górgolas. Por una parte, el sobredimensionamiento del suelo urbanizable —recurrente y obsesivo, dice este autor—, como argumento de una planificación que siempre reclama más y más territorio para crecer. Y, por otra, la derivada contraria del abandono y olvido sistemático de la ciudad consolidada, en la que aún quedan muchos aspectos por resolver, incluida la materialización de una notable edificabilidad pendiente (Górgolas, 2019b).

En efecto, tras la explosión de la burbuja inmobiliaria en 2008 y la práctica paralización del sector se iría produciendo un cambio de rumbo de las políticas urbanísticas hacia una mayor contención en el desarrollo de suelo y una nueva mirada hacia el interior de la ciudad. Algunos de los planes generales de ordenación urbana aprobados en ciudades medias desde esta fecha contienen en su proyecto de ciudad y en su ideario urbanístico una clara apuesta por la contención de los crecimientos y una cierta vuelta al “urbanismo urbano” de los primeros ayuntamientos democráticos (Bellet, 2020). Sin embargo, el modelo de desarrollo urbano que cristalizó durante el “boom”, lejos de haberse modificado, parece que continúa latente en buena parte del planeamiento general de los municipios urbanos del país y la idea de un modelo urbano sostenible permanece más en los objetivos y la narrativa de los documentos que en la verdadera evidencia de sus propuestas de actuación.

Sin duda, el desajuste del urbanismo expansivo con la realidad de la dinámica social y económica de las ciudades medias y sus áreas ha generado fuertes contradicciones en un modelo que muestra graves problemas de sostenibilidad. Las áreas urbanas articuladas por ciudades medias que siguen presentando modelos basados en un planeamiento que apuesta por seguir creciendo y expandiendo la huella de la ciudad, se desalinean de las lógicas del urbanismo racional que se impulsa desde otras muchas instancias

europas e internacionales. Pese a los discursos sobre el regreso del “urbanismo urbano” o urbanismo de la crisis, las expectativas de crecimiento continúan siendo muy importantes en la mayor parte de estas ciudades. Algunos autores ya han identificado claramente que, en el marco de las grandes lógicas del capitalismo global, las grandes urbes inducen directamente el crecimiento del modelo económico y generan fuertes economías de escala. Pero esos mismos autores, han detectado también los graves problemas que ello ocasiona y han promulgado el papel que debe asignarse a las ciudades intermedias como nodos estratégicos para equilibrar el modelo urbano respecto a las deseconomías que producen las grandes ciudades en continuo y exponencial crecimiento (Frick y Rodríguez Pose, 2018).

Los fuertes desajustes y contradicciones del binomio crecimiento económico-extensión urbana están poniendo en primera línea de las reflexiones sobre el modelo de ciudad a las áreas urbanas intermedias. El planeamiento urbano, como ha ido ocurriendo en la historia reciente del urbanismo en España, reacciona tarde y no muestra una suficiente capacidad para adaptarse a las dinámicas y nuevos contextos urbanos. Las áreas urbanas se ordenan conforme a la idea de ciudad en un latente crecimiento, a la espera que cambie el ciclo económico y se produzca una nueva ola expansiva urbanizadora e inmobiliaria como la anterior. Pero las ciudades de esta escala urbana, bien conectadas y que cada vez presentan un sólido posicionamiento más allá de sus funciones como capitales administrativas, configuran nuevas polaridades y abren nuevas formas posibles de articulación dentro del sistema urbano. En dicho sentido, las políticas urbanísticas, más ágiles y concretas, necesitan extenderse y coordinarse con el planeamiento territorial y supramunicipal, al objeto de poder construir ciudades realmente más sostenibles y que no dependan únicamente de su capacidad de crecimiento (Capel, 2013b).

En dicho sentido, la apuesta de la planificación estratégica ha consolidado diversas funciones y perfiles de identidad en muchas de las áreas urbanas intermedias, que se han desarrollado como ciudades industriales, financieras, comerciales, turísticas, patrimoniales, etc. La opción del modelo de ciudad en virtud de sus verdaderos potenciales, sin una vinculación exclusiva sobre la expectativa del mero crecimiento residencial, está potenciando los atributos reales de las ciudades de esta escala urbana (conectividad, intermediación, interacción con el medio rural, articulación del territorio circundante, nodos de socialización y culturización, prestaciones de servicios y asistencia, etc.) con ejemplos no solo en España, sino también en el contexto de las redes urbanas de otros países (Torres, González y Manzano, 2020).

Es razonable considerar que es el momento de apostar por un decrecimiento de los procesos de urbanización, considerando nuevos modelos urbanos, revisando profundamente las lógicas de los planes de expansión y extensión que vienen aplicándose desde hace más de medio siglo en España. Desde esta perspectiva, se considera que es el verdadero momento de retomar los postulados de las Agendas Urbanas, suscritas en 2016 por Naciones Unidas y la UE y en 2018 por el Gobierno Español, en las que se manifestaba la necesidad de cambiar los patrones del modelo de urbanización para afrontar los principales retos del siglo XXI: cambio climático, problemas ambientales, inequidad y desigualdad social, despoblamiento de las áreas rurales, etc. Y, más si cabe, en el momento actual, en el que la alargada sombra de la crisis económica se ve sostenida por la grave y compleja crisis sanitaria provocada por la COVID19. En tales circunstancias vuelve a ponerse en cuestión el modelo urbano que en buena parte de las ciudades ha actuado como catalizador de los problemas provocados por este tipo de situaciones de riesgo: alta densidad, hipermobilidad, entornos no saludables y fuertes desigualdades en las condiciones de vida de las personas. En este contexto, las ciudades medias y más pequeñas vuelven a cobrar importancia, no sólo por su capacidad de reequilibrar el territorio, sino, además, porque muchas de ellas todavía conservan, al menos en sus núcleos centrales, los valores tradicionales que las referidas Agendas pretenden reforzar: su relativa compacidad, densidad, complejidad, su mezcla de usos y su tamaño medio, que las dota de una recomendable condición de ciudades domésticas para un mejor desarrollo de la vida cotidiana de las personas.

5. Conclusiones

Esta discusión y las reflexiones que la motivan están sin duda provocadas por las circunstancias analizadas en este trabajo, que conviene recapitular y concluir. Resulta evidente que las dinámicas de crecimiento urbano tuvieron un impacto notable en las áreas articuladas por ciudades medias (MAU) durante el periodo analizado. Se ha visto cómo, en términos relativos, las áreas urbanas intermedias son claramente la tipología de ciudad que más crece durante las últimas décadas en España. Su incremento demográfico en este periodo está 15 puntos porcentuales por encima de la media del conjunto de espacios

urbanos y 21 puntos más que el de las grandes ciudades, presentando tendencias de crecimiento aún más acusadas en los casos de la vivienda (26 puntos porcentuales sobre la media y 39 sobre las grandes ciudades) y el suelo urbanizado (14 puntos porcentuales sobre la media y 24 sobre las grandes ciudades). Entre 1981 y 2018 el crecimiento inmobiliario y la expansión urbana en áreas urbanas intermedias duplica la ratio del incremento demográfico. En estas ciudades el espacio urbano se ha incrementado en un 86% durante las últimas cuatro décadas. Cerca de la mitad de su suelo urbanizado es posterior a 1980. Las áreas urbanas articuladas por ciudades medias presentan las tasas de crecimiento relativo más intensas durante la fase expansiva del “boom” inmobiliario —con porcentajes de incremento anual de la vivienda y el suelo por encima del 3,1 y el 4,2%, frente a 2,2 y 2,9 de las GAU—.

Se ha consolidado de este modo un modelo de expansión periférica como huella de un urbanismo expansivo que vincula el crecimiento económico al consumo de suelo. Los municipios menores de las áreas urbanas intermedias son los que experimentan de forma relativa los mayores crecimientos en las diferentes variables —frente al menor dinamismo de los municipios de las ciudades medias centrales—. Y, además, este crecimiento en los municipios exteriores de las áreas urbanas se ha producido con un carácter menos denso y extenso en estos procesos de urbanización reciente. Todo ello ha modificado, en consecuencia, las estructuras urbanas tradicionales, más o menos compactas y densas de esas áreas, especialmente en las del interior peninsular.

Desde el año 2008 se ha abierto un cambio de ciclo muy notable en estas dinámicas de urbanización con un acusado estancamiento y una práctica paralización de todos los crecimientos que parece iniciar una cierta recuperación en 2015 detenida por la COVID19. La huella del urbanismo expansivo ha quedado paralizada con el final del “boom” inmobiliario y las tendencias sostenidas de crecimiento urbano vistas en las últimas décadas se han detenido o moderado. Se ha abierto así la discusión sobre el modelo urbano de la ciudad del siglo XXI, con una tendencia a considerar la necesidad de planificar ciudades más sostenibles en la escala intermedia. Sin embargo, el análisis del planeamiento urbanístico vigente demuestra que la planificación es continuista y, pese a la ruptura de las dinámicas de urbanización, continúa apostando por el crecimiento y la nueva producción urbana. Las expectativas del planeamiento urbanístico actual consideran la expansión de la ciudad existente en un amplio volumen de nuevo suelo en áreas de desarrollo que supondría hacer crecer a estas áreas urbanas intermedias en más de un 85% sobre el actual suelo urbano consolidado. Estas previsiones tienen la capacidad para incrementar en casi un 50% el parque actual de viviendas, con lo que es evidente que el modelo sigue apostando por expandir el conjunto urbanizado.

En relación con estas conclusiones, el análisis desplegado ilustra la fuerte vinculación existente en el país entre crecimiento del sector de la construcción, modelos de urbanización y expectativas de crecimiento del planeamiento municipal para acabar configurando un modelo urbano expansivo, especulativo e insostenible, en el marco de lo que ha venido llamándose el capitalismo inmobiliario español. En España, el planeamiento y su ejecución se han ido convirtiendo en el instrumento básico para catalizar las expectativas de crecimiento económico, basadas, casi de forma exclusiva, en lo inmobiliario y en el consumo de suelo y de territorio —todo ello permitiendo la apropiación de plusvalías urbanas generadas desde lo colectivo y lo público—.

Con el despliegue definitivo del urbanismo neoliberal y la desregulación de los mercados financiero y de suelo, se produce la última fase expansiva del sector inmobiliario y de la construcción (1997-2007) que resulta en lo que se ha venido llamando el “tsunami urbanizador”. Durante ese período se redactaron/revisaron muchos documentos de planeamiento urbano municipales que continúan vigentes en muchos municipios españoles en la actualidad. Durante esos años, la “década prodigiosa del urbanismo español”, el planeamiento recogió las expectativas que generaban las dinámicas de crecimiento expansivas y especulativas presentes en esos momentos. Se produce por tanto un claro desfase en los tiempos del planeamiento, dado que las expectativas de crecimiento que sostiene el planeamiento están muy por encima de lo que demanda la actual situación de contención y su previsión a medio plazo.

No parece posible, ni deseable mantener la idea de un urbanismo cuyo fundamento básico es ordenar el crecimiento sin fundamento demográfico y únicamente vinculado a la expectativa del crecimiento económico. El resultado es conocido: urbanización sin construcción, inmuebles y contenedores sin contenido ni uso; una ciudad vaga en su realización, por derivar de un plan sin fundamento ni más idea fuerza que la del crecimiento.

Financiación

Esta contribución ha sido desarrollada en marco del desarrollo de los proyectos de investigación “Evolución de las políticas urbanísticas en ciudades medias españolas y sus áreas urbanas: 1979-2019” (RTI2018-096435-B-C21) y “Procesos de cambio en la urbanización de las ciudades medias y sus áreas urbanas: 1979-2019” (RTI2018-096435-B-C22), financiados ambos por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (España) - Proyectos I+D+i, en la convocatoria “Retos Investigación” de 2018.

Referencias

- Adam, B. (2006). Medium-sized cities in urban regions. *European Planning Studies*, 14(4), 547-555. <http://dx.doi.org/10.1080/09654310500421220>
- Andrés, G. (2019). Las ciudades medias industriales en España. Evolución histórica, proceso de urbanización y estructura urbana. *Eria. Revista Cuatrimestral de Geografía*, 2019-1(Año XXXVIII), 25-49. <https://doi.org/10.17811/er.1.2019.25-49>
- Andrés, G. (2020). Las ciudades medias industriales en España. Caracterización geográfica, clasificación y tipologías. *Cuadernos Geográficos*, 59(1), 99-125. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i1.8225>
- Bellet, C. y Olazabal, E. (2017). Las ciudades intermedias en España. Dinámicas y procesos de urbanización recientes. En F. Maturana, M.E. Beltrão Sposito, C. Bellet, C. Henríquez, F. Arenas (Eds.), *Sistemas urbanos y ciudades medias en Iberoamérica* (pp. 144-181). Santiago de Chile: Instituto de Geografía – Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Bellet, C. (2020). Las políticas urbanísticas municipales en España: 40 años de ayuntamientos democráticos (1979–2019). *BAGE*, (85). <https://doi.org/10.21138/bage.2877>
- Burriel, E. (2008). La “década prodigiosa” del urbanismo español (1997-2006). En AAVV, *Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica*. Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/-xcol/383.htm>
- Calderón, B. (2004). La ciudad del todo urbanizable: estrategias del sector inmobiliario y nuevas e insostenibles formas de urbanización. *Revista Ciudades*, 8, 135-155. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1253159>
- Calderón, B. y García, J. L. (2017). Legislación urbanística y planeamiento urbano en España, 1998-2015. Del despilfarro a la sostenibilidad. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 21, 570. <https://doi.org/10.1344/sn2017.21.19429>
- Calderón, B. y García, J. L. (2018). La estructura de las ciudades españolas: un complejo entramado de relaciones entre permanencias y cambios, formas y usos. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 77, 283-314. <https://doi.org/10.21138/bage.2542>
- Capel, H. (2013a). *La morfología de las ciudades. Vol. III: Agentes urbanos y mercado inmobiliario*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Capel, H. (2013b). Crisis de los modelos urbanos. Una mirada hacia el futuro. *Mercator*, 2. Recuperado de <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1148>
- Cebrián, F. (2007). Ciudades con límites y ciudades sin límites: manifestaciones de la ciudad difusa en Castilla-La Mancha. *BAGE*, 262, 221-240. Recuperado de <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/589>
- Cebrián, F. (2013). Las transformaciones recientes operadas en las periferias de las ciudades medias. El contexto de la ciudad difusa en la realidad española. En F. Cebrián y M. Panadero (Eds.), *Ciudades medias: formas de expansión urbana* (pp. 25-38). Madrid: Biblioteca Nueva.
- Cebrián, F. y Sánchez, I. (2019). Urban Sprawl in Inner Medium-Sized Cities: The Behaviour in Some Spanish Cases Since the Beginning of the 21st Century. *Urban Science*, 3(1). <https://doi.org/10.3390/urbansci3010010>
- Fernández, D. y Corbelle, E. (2017). Cambios en los usos de suelo en la Península Ibérica: Un meta-análisis para el período, 1985-2015. *Biblio 3W*, 22. <https://doi.org/10.1344/b3w0.2017.26442>
- Ferrer, A. y Solà-Morales, M. (2005). El urbanismo municipal en España. *Papers. Regió metropolitana de Barcelona*, 43. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/PapersIERMB/issue/view/7823>

- Frick, S. y Rodríguez Pose, A. (2018). Big or Small Cities?. *Growth and Change*, 49(1), 4-32. <https://doi.org/10.1111/grow.12232>
- Gaja, F. (2008). El “tsunami urbanizador” en el litoral mediterráneo. El ciclo de hiperproducción inmobiliaria 1996-2006. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XII, 270(66). Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-270/sn-270-66.htm>
- Gaja, F. (2015). Urbanismo concesional. Modernización, privatización y cambio de hegemonía en la acción urbana. *Revista Ciudades*, 18, 1, 103-126. <https://doi.org/10.24197/ciudades.18.2015.103-126>
- García, R., Serrano, J.M. y Espejo, C. (2020). The property sector in Spain. Evolutionary analysis, current problems and difficulties. *Cuadernos Geográficos*, 59(1), 6-31. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i1.7976>
- Gómez, J.M., Vieira, T. y Hernández, A. (2020). Procesos urbanos funcionales en Iberia: una aproximación a la integración del territorio urbano más allá de la metropolización. *Cuadernos Geográficos*, 59(2), 93-128. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i2.9542>
- Górgolas, P. (2017). Burbujas inmobiliarias y planeamiento urbano en España: una amistad peligrosa. *Cuadernos de Investigación urbanística – Ci[ur]*, 111, 3-65. <https://doi.org/10.20868/ciur.2017.111.3536>
- Górgolas, P. (2019a). La burbuja inmobiliaria de la “década prodigiosa” en España (1997-2007). Políticas neoliberales, consecuencias territoriales e inmunodeficiencia social. Reflexiones para evitar su reproducción. *EURE*, 45(136), 163-182. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612019000300163>
- Górgolas, P. (2019b). Del “urbanismo expansivo” al “urbanismo regenerativo”: directrices y recomendaciones para reconducir la herencia territorial de la década prodigiosa del urbanismo español (1997- 2007). Aplicación al caso de estudio del litoral andaluz. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, LI(199), 81-100. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11441/88016>
- Lois, R., Piñeira, M. J. y Vives, S. (2016). El proceso urbanizador en España (1990-2014): Una interpretación desde la geografía y la teoría de los circuitos de capital. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XX, 539. <https://doi.org/10.1344/sn2016.20.16793>
- López, L. (2014). Identificación y caracterización estratégica de las ciudades y aglomeraciones medias ibéricas. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 182, 625-649. Recuperado de <https://apps.fomento.gob.es/CVP/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BP1010>
- López, I. y Rodríguez, E. (2010). *Fin de ciclo. Financiarización, territorio y sociedad de propietarios en la onda larga del capitalismo hispano (1959-2010)*. Madrid: Traficantes Sueños.
- Martínez Navarro, J. M., García González, J. A. y Escudero Gómez, L. A. (2020). Las ciudades medias de España y sus coronas en el siglo XXI (2000-2017): dinámica demográfica y desarrollo inmobiliario. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 12. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20190202>
- Méndez, R. (2018). *La telaraña financiera. Una geografía de la financiarización y su crisis*. Santiago de Chile: RIL-editores, Instituto de Geografía, Universidad Católica de Chile.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MTMA) (2018a). *Atlas Digital de las Áreas Urbanas*. Recuperado de <https://www.mitma.gob.es/portal-del-suelo-y-politicas-urbanas/atlas-estadistico-de-las-areas-urbanas>
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MTMA) (2018b). *Sistema de Información Urbana (SIU)*. Recuperado de <https://www.mitma.gob.es/portal-del-suelo-y-politicas-urbanas/sistema-de-informacion-urbana/sistema-de-informacion-urbana-siu>
- Miramontes Carballada, A. y Viera de Sá Marques, T. M. (2016). Las áreas urbanas en la península ibérica. Un ejercicio de delimitación. *Papeles de Geografía*, 62, 47-63. <https://doi.org/10.6018/geografia/2016/247681>
- Monclús, F. J. (1998). *La ciudad dispersa*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona.
- Naredo, J.M (1996). *La burbuja económico-financiera en la coyuntura económica reciente (1985-1995)*. Madrid: Siglo XXI de España.
- Naredo, J.M. (2010). El modelo inmobiliario español y sus consecuencias. *Boletín CF+S*, 44, 13-27. Recuperado de <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n44/ajnar.html>

- Olazabal, E. (2018). *Dinámicas y caracterización del proceso de urbanización en España (1987-2011). Las áreas urbanas articuladas por ciudades medias* (Tesis de Doctorado sin publicar). Departamento de Geografía y Sociología de la Universitat de Lleida. Lleida.
- Olazabal, E. y Bellet, C. (2019). De la ciudad compacta a la ciudad extensa. Procesos de urbanización recientes en áreas urbanas españolas articuladas por ciudades medias. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 39(1), 149-175. <https://doi.org/10.5209/aguc.64681>
- Pozueta J., Lamíquiz, P.J., Higuera, E. y Benito, M. (2019). The spatial dynamics of land use surrounding the Spanish property bubble (1990-2012). *Investigaciones Regionales - Journal of Regional Research*, 2019/3(45), 93-117. Recuperado de <https://investigacionesregionales.org/es/article/the-spatial-dynamics-of-land-use-surrounding-the-spanish-property-bubble-1990-2012/>
- Rodríguez, J. (2006). Los “booms” inmobiliarios en España. Un análisis de tres períodos. *Papeles de Economía Española*, 109, 76-90.
- Romero, J., Brandis, D. y Melo, C. (2015). El giro neoliberal de las políticas para la ciudad en España. Balance a partir de los casos de Madrid y Valencia. *BAGE*, 69, 369-386. <https://doi.org/10.21138/bage.1901>
- Torres, M., González, Y. y Manzano, O. (2020). Marca ciudad como estrategia de competitividad urbana en las ciudades intermedias. *Revista Espacios*, 41(36), 171-185. Recuperado de <http://www.revistaespacios.com/a20v41n36/20413615.html>
- Vives, S. y Rullán, O. (2014). La apropiación de las rentas del suelo en España. *BAGE*, 65, 387-408. <https://doi.org/10.21138/bage.1758>
- Zúñiga, I. (2016). La forma del límite en las ciudades medias españolas. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, (105), 1-66. Recuperado de <http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/view/3450>

Cita bibliográfica: Mérida Rodríguez, M., Perles Roselló, M.J., Sortino Barrionuevo, J.F. & Carruana Herrera, D. (2021). Percepción social de las repercusiones paisajísticas de la urbanización dispersa en espacios rurales del entorno litoral mediterráneo. *Investigaciones Geográficas*, (76), 53-73. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18316>

Percepción social de las repercusiones paisajísticas de la urbanización dispersa en espacios rurales del entorno litoral mediterráneo

Social perception of the landscape effects of dispersed urbanisation in Mediterranean coastal rural areas

Matías Mérida Rodríguez^{1*} 

María Jesús Perles Roselló² 

Juan Francisco Sortino Barrionuevo³ 

David Carruana Herrera⁴ 

Resumen

Este trabajo se marca como objetivo analizar la percepción de las repercusiones paisajísticas de un fenómeno de gran trascendencia territorial en los entornos litorales mediterráneos: la urbanización dispersa en suelos rurales. Tras la caracterización de los principales rasgos de este proceso territorial y el análisis de la zona de estudio, la comarca de la Axarquía (Málaga), se expondrán los resultados obtenidos a partir de la realización de encuestas a diversos grupos de población residente en estos espacios y en las localidades cercanas, oponiendo particularmente la percepción de diferentes grupos de población local con la de la población extranjera afincada en estas áreas. Se abordará especialmente la percepción de los rasgos paisajísticos de la comarca y la valoración de los cambios producidos, directa o indirectamente, por la proliferación de edificaciones aisladas, profundizando en determinadas variables y componentes paisajísticos. Los resultados reflejan la existencia de una percepción paisajística relativamente sólida favorable a esta dinámica territorial, así como notables disparidades entre las valoraciones realizadas por los diversos grupos de población, especialmente entre los compuestos de población nacional.

Palabras clave: percepción del Paisaje; urbanización dispersa; litoral mediterráneo; población local; Axarquía; Málaga.

Abstract

This work analyses perception of the landscape effects of a phenomenon of great territorial importance in the Mediterranean region: dispersed urbanisation in rural areas. After the characterisation of the main features of this territorial process an analysis is made of the study area: the Axarquía region near Malaga in Spain. The results obtained from conducting surveys of various population groups residing in these spaces and in nearby localities is presented. A comparison is made of the perceptions of various groups of the local population with those of foreigners living in the area. The perception of the landscape features of the region and the assessment of the changes produced by the proliferation of isolated buildings is analysed, together with an evaluation of certain variables and landscape components. The results reflect

1 Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, España. mmerida@uma.es. * Autor para correspondencia

2 Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, España. mjperles@uma.es

3 Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, España. francis.sortino@uma.es

4 Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, España. carruanadavid@gmail.com

the existence of a favourable perception of this territorial dynamic, as well as notable disparities between the assessments made by the various population groups (especially among the national population).

Keywords: landscape perception; rural sprawl; Mediterranean area; local people; Axarquía; Málaga.

1. Introducción

La expansión de la urbanización dispersa en espacios rurales constituye un proceso territorial que ha experimentado un gran crecimiento en las últimas décadas en el entorno del litoral mediterráneo andaluz. A menudo desarrollada sobre suelos clasificados como no urbanizables, su proliferación ha producido importantes consecuencias urbanísticas, legales, medioambientales y paisajísticas. Ante el problema generado, la Administración autonómica ha impulsado diferentes medidas normativas tendentes a su regularización (Decreto 2/2012, Ley 6/2016, Ley 2/2018). Por ello, habitualmente este fenómeno es percibido de forma negativa, tanto desde el ámbito técnico como desde el político, trasladándose esta opinión al espacio mediático y, por extensión, al conjunto de la población. Por el lado contrario, únicamente asoman a los medios de comunicación la opinión de la población directamente interesada, los propietarios de estas edificaciones, pero habitualmente restringida solamente a los problemas de legalidad urbanística a los que se enfrentan. Sin embargo, más allá de su argumentación jurídica, existe un cierto desconocimiento de la percepción paisajística del fenómeno que tienen estos residentes, alimentado en buena medida por su condición de ciudadanos extranjeros, con dificultades de comunicación y ciertas diferencias culturales con la población local.

Por otra parte, en el análisis de este proceso territorial resulta poco conocida la percepción que tiene del mismo y de sus repercusiones paisajísticas la población local, la residente en el entorno de estas construcciones, a pesar de que, activa o pasivamente, se encuentra muy implicada en este fenómeno (además de formar puntualmente también parte de él), tanto por los beneficios que pueden obtener como por los perjuicios que padecen. Sin embargo, existen circunstancias (políticas, económicas, sociales) que permiten sospechar la existencia de una percepción específica del problema por parte de esta población, diferente a la habitualmente manejada en los medios de comunicación. Por ello, se considera como hipótesis de partida del proyecto de investigación bajo el que se realiza este trabajo la existencia de una percepción del proceso, tanto de la población local como de los propietarios foráneos, que permanece oculta y que es necesario hacer aflorar para analizar con rigor el fenómeno y, lo más importante quizá, para poder diseñar herramientas de solución o aminoración de sus efectos. Sin este conocimiento, la comprensión del problema sería limitada.

En este contexto, este trabajo se plantea como objetivo explorar la percepción de la urbanización dispersa en su dimensión paisajística, tanto de la población local como de la población extranjera, en un contexto espacial donde el fenómeno ha adquirido una especial virulencia, los entornos rurales de zonas litorales mediterráneas. Conecta así con varias de las disposiciones del Convenio Europeo del Paisaje, expresadas en la propia definición (*cualquier parte del territorio tal y como es percibida por la población...*) y en particular en la determinación de los objetivos de calidad paisajística, obtenidos a partir del conocimiento de las aspiraciones de la población en materia de paisaje (Council of Europe, 2000). Igualmente, este conocimiento será de utilidad para establecer procedimientos y herramientas tendentes a la recuperación paisajística de estos terrenos en un contexto de cambios normativos que persiguen la regularización de este fenómeno.

1.1. Antecedentes

El urbanismo disperso, el denominado *sprawl*, es un modelo territorial caracterizado por el crecimiento difuso de la urbanización en los entornos rurales de los espacios urbanos. Definido como *'the physical pattern of low-density expansion of large urban areas, under market conditions, mainly into the surrounding agricultural areas'* (European Environment Agency [EEA], 2006, p.6), surge y tiene un mayor desarrollo en Estados Unidos y en los países anglosajones a partir de los años 60 del pasado siglo, pero ha alcanzado también al territorio europeo (Couch, Leontidou y Petschel-Held, 2007; Oueslati *et al.*, 2015), con mayor intensidad desde los años 80, adquiriendo una especial incidencia en la franja mediterránea, donde ha adoptado características propias (Egidi, Cividino, Vinci, Saterino y Salvia, 2020). Responde a diversas causas, entre las cuáles se encuentra el desarrollo socioeconómico, mejoras en los transportes, nuevas orientaciones en política urbanística territorial o ciertos cambios sociológicos, que repercuten en su demanda. En la región mediterránea, el *sprawl* aparece especialmente vinculado a los espacios litorales, en

mayor medida que a las grandes urbes (EEA, 2006), relacionado con el desarrollo de determinadas modalidades turísticas, como el denominado *turismo residencial*, definido por su carácter semi-permanente y por la utilización por estos turistas de viviendas en propiedad, edificadas en el lugar de elección (Leontidou y Marmaras, 2001). En ciertos casos, el foco emisor del urbanismo disperso no se encuentra claramente definido, sino que surge en el interior del propio espacio rural, utilizándose en estos casos el término, más preciso, de *rural sprawl* (Mann, 2009; Gonzalez-Abraham, *et al.*, 2007), de orígenes y causas diversas según el espacio afectado, como la recuperación de actividades agrícolas y, especialmente, la valorización de las condiciones ambientales del medio rural para la actividad residencial; las ventajas derivadas del precio del suelo o, en su caso, de la ausencia de regulación, aunque también pueden intervenir, se encuentran más vinculadas con el *sprawl* urbano. Por ello, la expansión del turismo residencial en áreas rurales interiores del entorno litoral mediterráneo, como ocurre en el área de estudio analizada, se ajusta en mayor medida a esta variante rural que al modelo clásico de *sprawl*.

Como principales procesos territoriales causantes del fenómeno, la segunda residencia y sus interrelaciones con el paisaje y el turismo ha sido tratada por autores como Hall y Müller (2004), mientras que el turismo residencial en la región mediterránea ha sido objeto de estudio de diversos autores (Barke, 1991; Mazón y Aledo, 2005; Módenes y López, 2007). Surgida de la combinación de ambos factores, la urbanización espontánea en el área mediterránea ha sido trabajada en los entornos litorales por Beriatis (2008), mientras Salvati y Gargiulo (2014) han analizado las características de este proceso en diferentes zonas del territorio griego, estableciendo diferencias con el original modelo norteamericano. En otros ámbitos espaciales, el *sprawl*, que responde a causas muy dispares, ha sido caracterizado en el caso chino por Yue, Liu y Fan (2013), mientras que otros autores han estudiado la incidencia de esta modalidad de crecimiento urbano en regiones latinoamericanas (Inostroza, Baur y Csaplovics, 2013). Las consecuencias del *sprawl* han sido recogidas en diversas publicaciones que abordan materias como los problemas urbanísticos, la dotación de servicios, el coste medioambiental, la salud (James *et al.*, 2013) o el deterioro social (Morris, 2013).

En España, la extensión del *sprawl* ha sido estudiada por Hortas-Rico y Solé-Ollé (2010) y por Membrado (2013), que constata el mayor crecimiento del modelo difuso frente al concentrado, asociado a los procesos turísticos. El caso de Madrid ha sido tratado por Díaz Pacheco y García Palomares (2014), y antes por Ezquiaga (1983), que analizó el modelo de segunda residencia en relación a las parcelaciones ilegales, al igual que Burriell (2018) para la Comunidad Valenciana. También centrados en el área mediterránea, Hof y Blázquez-Salom (2013) han analizado el caso de Mallorca, donde se está produciendo un importante desarrollo en el interior de la isla, mientras Morote y Hernández (2016b) han analizado este proceso territorial en la provincia de Alicante, vinculándolo con el desarrollo turístico y con sus consecuencias sobre el consumo de agua. Otros trabajos ponen el acento en la dimensión jurídica y política del fenómeno, como los de Burriel (2009) o Mantecón, Membrado y Huete (2016). La estrecha relación existente entre este desarrollo y la población extranjera ha sido analizada por Morote y Hernández (2016a) y Membrado (2015). Finalmente, el área de estudio, la comarca de la Axarquía (Málaga), ha sido analizada en sus características, procesos y dinámicas territoriales por autores como Justicia (1988) o Mérida (2019), mientras el problema de las edificaciones ilegales ha sido tratado, entre otros, por Yús y Torres (2010) o Mérida y Perles (2020), que se centran en la utilidad de la integración paisajística como herramienta de política territorial.

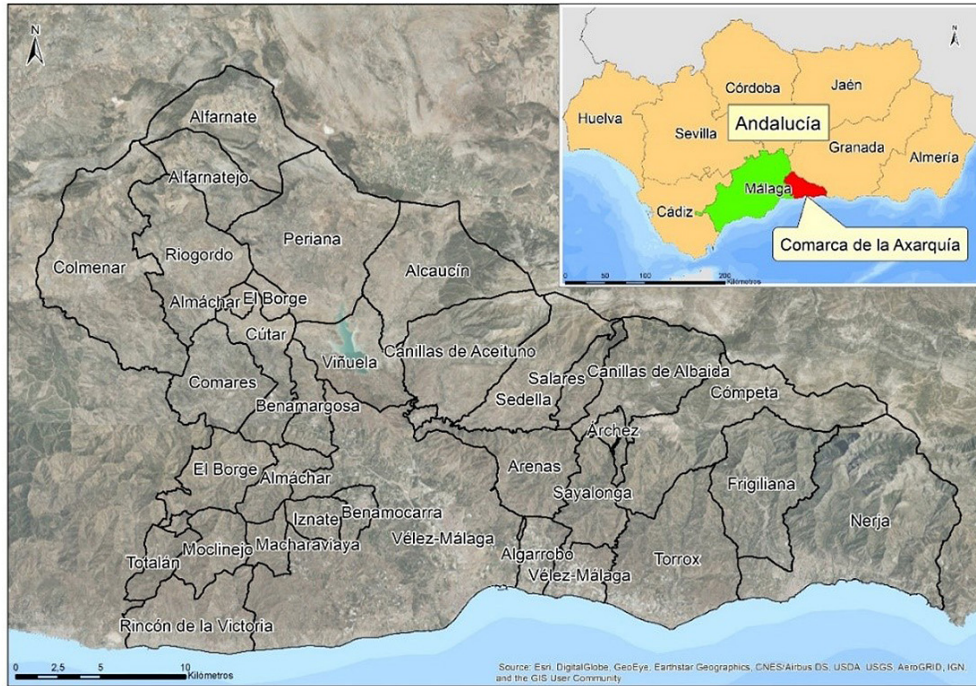
2. Metodología

2.1. Área de estudio

El área de estudio es la comarca de la Axarquía, en la parte oriental de la provincia de Málaga (Figura 1), espacio que constituye una de las muestras más representativas del fenómeno de la urbanización dispersa, tanto por su incidencia (algo más de 20.000 viviendas) como por las repercusiones sociales y políticas que ha traído consigo, ya que ha tenido como protagonista, en un gran número de casos, a población extranjera. Con una superficie de unos 1.026 km² y una población de 214.323 habitantes, constituye una comarca montañosa excepto en el tramo bajo del valle del río Vélez, eje articulador del territorio, y en la estrecha franja litoral. Se encuentra delimitada por elevados sistemas montañosos al norte y al este (Figura 2), de unos 1.500-2.000 metros de altitud, que encierran un paisaje intrincado de montañas medias de menor altura, pero con fuertes pendientes, y materiales esquistosos. Al norte, una

depresión intramontana introduce formas más alomadas en el contacto con las alineaciones calcáreas. Por su disposición, estas sierras poseen una relevante función climática, ya que protegen a la comarca de los vientos del norte, lo que, junto a la proximidad del mar y a la exposición meridional de sus terrenos, proporcionan una alta benignidad térmica, factor clave en su desarrollo agrario, turístico y residencial.

Figura 1. Localización del área de estudio



Fuentes: Instituto Geográfico Nacional (2019). Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (2019). Elaboración propia

Figura 2. Mapa topográfico de la comarca de la Axarquía

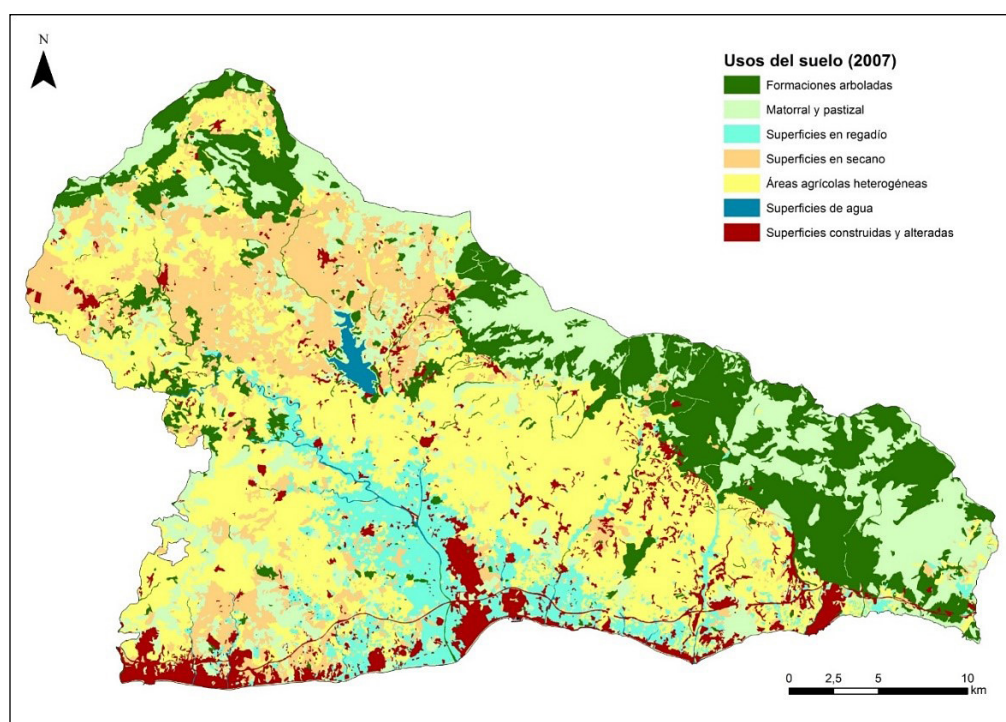


Fuente: ESRI (2021)

Con excepción de las rocosas sierras perimetrales, en líneas generales se trata de un territorio intensamente humanizado, a pesar de su compleja orografía. La naturaleza pizarrosa de sus materiales, junto con sus condiciones climáticas, han favorecido históricamente la ocupación agraria de sus laderas, primero con la vid, que tuvo una gran expansión durante los siglos XVIII y XIX, y posteriormente, tras la crisis de la filoxera, con especies arbóreas de secano, como el olivo o el almendro. Producto de esta intensa ocupación agraria, y de su accidentado relieve, el poblamiento combinaba tradicionalmente el modelo concentrado, normalmente en pequeños núcleos, con un denso hábitat disperso, resultado de la estructura minifundista de la propiedad. Por ello, el hábitat diseminado, paradójicamente tratándose de un espacio montañoso, formaba parte del carácter de su paisaje.

Este modelo tradicional se reestructuró a partir de la segunda mitad del siglo XX con la crisis del secano, que condujo al despoblamiento, y, simultáneamente, con el auge del regadío, que se tradujo en una potente expansión de dos nuevas modalidades y cultivos agrarios de gran rentabilidad: los invernaderos, en la parte litoral, y sobre todo los frutales subtropicales, que tuvieron su primer emplazamiento en las laderas bajas de los sistemas montañosos pero que se ha terminado extendiendo, debido a su alta rentabilidad, por colinas y llanuras (Figura 3). En la actualidad, la mayor parte de las aproximadamente 770 has. de invernaderos y 10.600 has. de aguacate y mango de la provincia de Málaga se localizan en esta comarca. Al mismo tiempo, el área litoral experimentaba un importante crecimiento urbano, ligado tanto al turismo como al éxodo rural y, más recientemente, al desarrollo metropolitano de Málaga. La mayor parte de los 211.000 habitantes de la comarca se sitúan en el litoral (Rincón de la Victoria, Torrox, Nerja) y en la capital comarcal, Vélez-Málaga, situada en una zona próxima a la desembocadura del río Vélez y que con 80.817 habitantes reúne al 38,4% de la población de la comarca, en buena parte procedentes de las migraciones desde los núcleos rurales interiores.

Figura 3. Mapa de usos y aprovechamientos del suelo



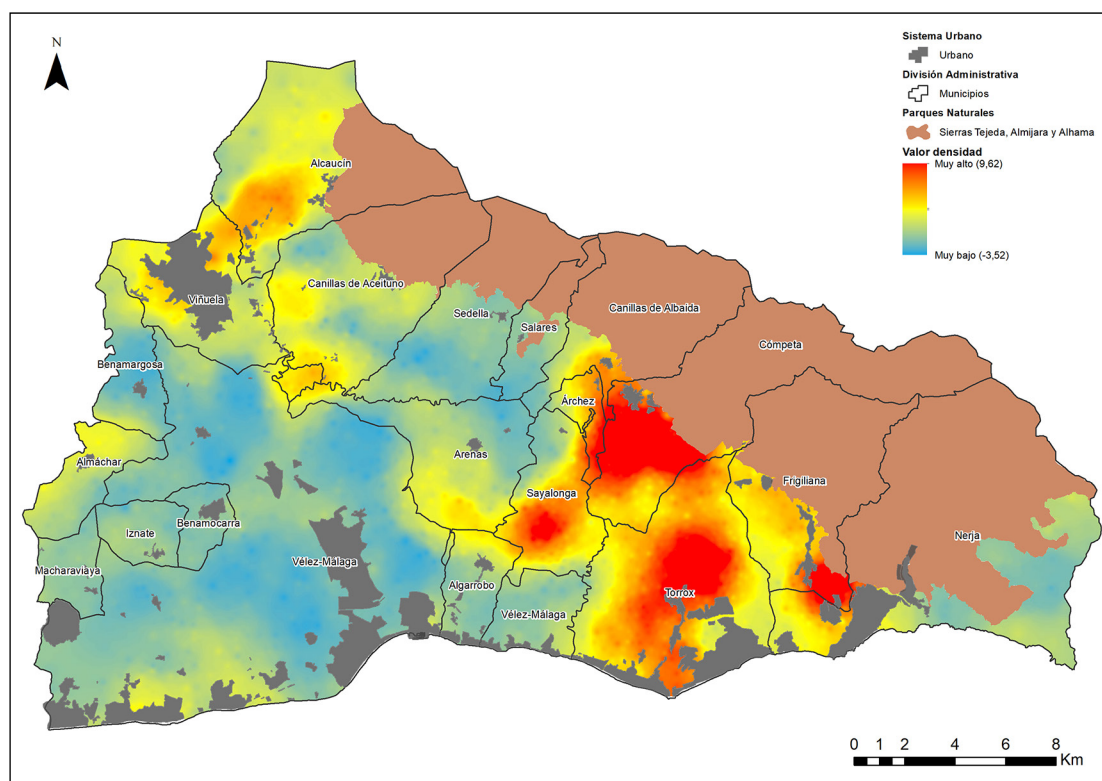
Fuente: Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM), 2019. Elaboración propia

Quedaron al margen de este progreso económico las zonas montañosas interiores, antiguos dominios del secano, con un caserío en la mayoría de las ocasiones abandonado y con una dinámica demográfica negativa. Estos pequeños núcleos han experimentado un importante descenso de su población, de forma más acusada en las últimas décadas, al mismo tiempo que siguen conservando elevadas tasas de paro (entre el 20 y el 30%), debido al dominante componente agrario de su actividad económica. Por ello, es previsible que el proceso de despoblación continúe en los próximos años.

Sobre estos terrenos comenzará un proceso de urbanización difusa a partir de los años 80 ligado a varios procesos territoriales (segunda residencia, rururbanización), entre los que sobresale el turismo residencial, con una importante demanda por parte de ciudadanos extranjeros, británicos principalmente, y en su mayoría jubilados, que aspiraban a residir en entornos rurales o naturales de buenas condiciones climáticas, atractivo paisajístico y cercanía a los servicios básicos. Este fenómeno hizo crecer espectacularmente tanto el número de ciudadanos extranjeros como el número de viviendas dispersas, generando una actividad económica cortoplacista de la que se benefició una parte significativa de la población local, pero que supuso una enorme densificación del hábitat disperso y un importante problema urbanístico, toda vez que estas construcciones se construían mayoritariamente en suelo no urbanizable, ante la preocupante inacción de las administraciones locales. Esto trajo consigo problemas múltiples: urbanísticos (dotación de servicios) y legales, medioambientales (residuos, motorización, etc.) y territoriales, destacando entre ellos el impacto paisajístico. En la actualidad, una vez frenado el proceso por la crisis económica iniciada en 2008 y por las demandas judiciales, se han contabilizado, en el marco del proyecto de investigación en el que se enmarca este trabajo, y a través de la fotointerpretación de datos catastrales, algo más de 20.000 edificaciones dispersas en el conjunto de la comarca, una cifra similar a la estimada por otros autores (Yus y Torres, 2010). La mayoría de las edificaciones son de nueva construcción, siendo escasas las rehabilitaciones de edificaciones preexistentes. Igualmente, la población extranjera residente supone actualmente una parte muy importante de los habitantes de los municipios interiores, con porcentajes superiores al 30% en muchos de ellos, superando el 40% en municipios como Còmpeta, Viñuela o Sayalonga (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2020).

El *sprawl* así generado en estas zonas de media montaña, de densidades muy elevadas, tiene una particularidad que lo asemeja más a la variante denominada como *rural sprawl*: no cuenta con un foco claro de irradiación (ver Figura 4). Ni los núcleos interiores, de escaso tamaño, dan lugar a este proceso, ni tampoco el pujante litoral, del que tienden a alejarse la mayoría de edificaciones, exceptuando la parte oriental de la comarca. Si se pretende encontrar algún patrón, quizá el más definido sea la cercanía a las altas montañas (en la actualidad Parque Natural de Sierras de Tejada, Almijara y Alhama), conformándose en determinadas zonas una especie de orla de urbanización dispersa en torno a estas montañas (Figura 5).

Figura 4. Mapa de calor de edificaciones dispersas (método Hot-Spot)



Elaboración propia

Figura 5. Concentración de edificaciones dispersas en las cercanías del Parque Natural



Fotografía de los autores

2.2. Etapas metodológicas y fuentes

La metodología empleada para la elaboración de este trabajo ha seguido seis fases metodológicas. La primera ha consistido en la selección de los grupos de población, tanto tipológica como espacialmente. Para ello se seleccionaron tres grupos de población: residentes extranjeros en viviendas dispersas, población local residente en pequeños núcleos y miembros de asociaciones culturales de la comarca. El primer grupo, un colectivo tradicionalmente reservado y de difícil acceso, se conformó con la ayuda de SOHA (Save Our Homes Axarquía), asociación creada en defensa de sus intereses como propietarios de estas viviendas. Las entrevistas a la población local residente en pequeños núcleos se realizaron en las localidades de Almachar, Alcaucín y Sedella, seleccionadas por considerarse representativas de diferentes ámbitos espaciales existentes en la comarca (occidental/oriental, montaña media/estribaciones de altas cordilleras) y que han recibido una diferente incidencia del fenómeno de urbanización dispersa (alta en Alcaucín, media en Sedella y baja en Almachar). Para la gestión de la organización de las entrevistas (selección de grupos, lugar y fecha de realización) se contó con la colaboración de responsables y técnicos municipales. Finalmente, las tres asociaciones culturales entrevistadas (Asociación cultural Bezmiliana, de Rincón de la Victoria, Asociación Amigos de la Cultura de Velez-Málaga, Club de Fotografía de Nerja) se radicaban en los municipios más poblados, realizándose en estos casos el contacto con ellas de forma directa.

La segunda etapa metodológica la supuso el diseño de los cuestionarios, que combinan preguntas de respuesta cerrada o semicerrada con ítems orientados a la evaluación de pares de fotografías, relativas a diversas temáticas, y proyectadas en una pantalla durante la sesión. Esta última parte era común a los tres grupos, mientras que las preguntas de respuestas cerradas o semicerradas tenían una parte común y otra específica a cada grupo, por lo que se diseñaron 3 modelos de cuestionarios. Estos cuestionarios ser realizaron en español y, en el caso de los residentes extranjeros, en inglés, constando de 33 ítems y 24 pares de fotografías. Dado el especial protagonismo que adquiere en esta temática, se profundizó específicamente en el cuestionario en la caracterización del grupo de residentes extranjeros, un colectivo, como se ha mencionado, normalmente poco accesible.

La tercera fase metodológica ha consistido en la selección de las muestras de hábitat disperso y la posterior realización de fotografías *in situ*, mediante trabajo de campo, para obtener las imágenes que se incluirían definitivamente en el cuestionario. La determinación de los casos a muestrear parte del análisis de la información disponible en la base de datos geoespacial que el proyecto de investigación había generado sobre edificaciones dispersas en la comarca. Una vez establecida la población a encuestar y diseñados los cuestionarios, la cuarta fase metodológica la supuso la realización de las encuestas. Se llevaron a cabo por grupos de población y de forma conjunta para todos sus componentes, lo que implicó la concertación de citas con los grupos, la búsqueda de un local apropiado (que permitiera la proyección de imágenes) y la propia ejecución

de la encuesta, que se desarrollaba durante unos 45 minutos aproximadamente. Se realizaron un total de 137 encuestas, durante finales de 2018 y primeros meses de 2019, estructuradas de la siguiente forma: residentes extranjeros (42 encuestas), miembros de asociaciones culturales de la comarca (41 encuestas) y población local residente en pequeños núcleos (54 encuestas). Una vez realizadas, las dos últimas etapas metodológicas las constituyeron, respectivamente, la tabulación de la información generada en la encuesta y el análisis de los resultados obtenidos. Por último, es necesario resaltar que el proyecto de investigación en el que se enmarca este trabajo conllevó también la realización de entrevistas personalizadas a actores sociales. Aunque no se ha explotado esta información en este trabajo, puntualmente se recurre a algunos de sus resultados para corroborar determinadas conclusiones vinculadas a ciertos apartados de las encuestas.

3. Resultados

Atendiendo en primer lugar a la caracterización general de los encuestados, se trata de ciudadanos con residencia en 14 de los 31 municipios de la comarca, que abarcan núcleos tanto litorales como interiores y de diferente tamaño de población. Por edad, se sitúan mayoritariamente en las franjas de edad de entre 30 a 65 años y de 65 y más años (48% y 47% respectivamente), suponiendo los menores de 30 años únicamente el 5%. Esta distribución acentuadamente envejecida se explica por la edad media de los miembros de las asociaciones y, fundamentalmente, por la avanzada edad media de los encuestados de la población local y, sobre todo, de la población extranjera residente: algo más del 80% de los encuestados pertenecientes a este último grupo son mayores de 65 años, respondiendo al perfil característico de este grupo de población, formado mayoritariamente por jubilados. Por otra parte, los núcleos en lo que se ha encuestado a la población local cuentan igualmente con una población sensiblemente envejecida, alcanzando los mayores de 65 años más del 33% de la población en municipios como Alcaucín y Sedella, prácticamente el doble, por tomar una referencia cercana, del porcentaje que posee la ciudad de Málaga (17,6%) (INE, 2019).

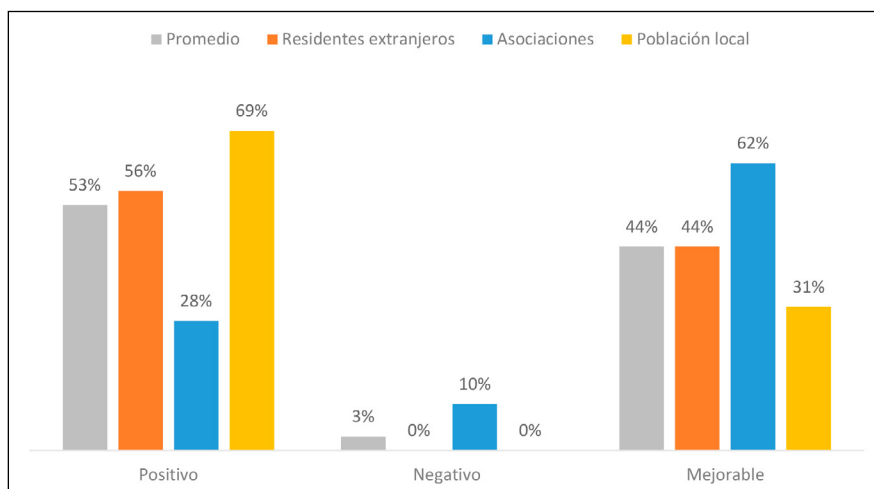
Respecto a la caracterización específica de los encuestados extranjeros, los resultados confirman su condición de jubilados (90%), sobre todo de nacionalidad británica, que se han trasladado a esta comarca en los últimos 20 años, y que en su mayoría residen en estos municipios de forma permanente (67%), en unidades familiares de dos personas (93%). En su práctica totalidad viven en edificaciones aisladas, aunque no muy alejadas de algún núcleo de población. Normalmente poseen parcelas relativamente amplias (más de 500 m²), mientras que las viviendas son sustancialmente de menores dimensiones (100-200 m²). La mayoría de las propiedades cuenta con piscina, dedicando una parte de la parcela para el cultivo en algo más de la mitad de los casos, casi en todos ellos para consumo personal.

Los resultados de naturaleza temática, obtenidos del cuerpo de la encuesta, se han estructurado en 4 apartados, que se exponen a continuación: en el primero de ellos se analizará la percepción general del paisaje de la comarca; en el segundo apartado, los resultados derivados de las apreciaciones sobre el modelo de urbanización dispersa; posteriormente, se abordará la percepción de las interrelaciones entre paisaje y urbanización dispersa, con preguntas específicas sobre la densidad de viviendas, emplazamientos, modelos de agrupación o tipologías arquitectónicas; finalmente, se analizarán las valoraciones manifestadas por los encuestados sobre las perspectivas futuras del paisaje en la comarca.

3.1. Percepción del paisaje de la comarca

En distintos puntos del cuestionario se abordaba, como primera aproximación a los objetivos de la encuesta, la percepción del paisaje de la comarca, su relevancia y su estado actual. Respecto a este último punto, la visión de los encuestados es moderadamente positiva: el 53% de los encuestados consideraban que su estado era positivo, aunque un 44% lo percibe como mejorable, mientras que sólo el 3% lo consideraba claramente negativo. Estos datos marcan el punto de partida del trabajo: la población valora su paisaje, aunque existe una considerable visión crítica sobre su estado. Por grupos, la población extranjera es la que se sitúa en valores próximos al promedio; de hecho, el paisaje es muy importante para ellos: junto al clima y a la tranquilidad, es el motivo más esgrimido en su decisión de vivir en esta zona, y por esta razón la gran mayoría de sus viviendas cuentan, según afirman, con vistas panorámicas. Pero las diferencias significativas en la percepción del estado del paisaje surgen entre la población local y los miembros de las asociaciones. Mientras que los primeros lo perciben de una manera más optimista (69% lo califican de positivo), para los segundos, más críticos, el porcentaje baja al 28%, alcanzando el 62% los que lo califican de mejorable (Figura 6). Se puede inferir en esta valoración la influencia que posiblemente puede tener el nivel cultural (habitualmente más elevado entre los miembros de las asociaciones) y valores como la concienciación ciudadana o el activismo, también, por su propia naturaleza, más extendidos entre este grupo.

Figura 6. Percepción general del estado del paisaje en la comarca

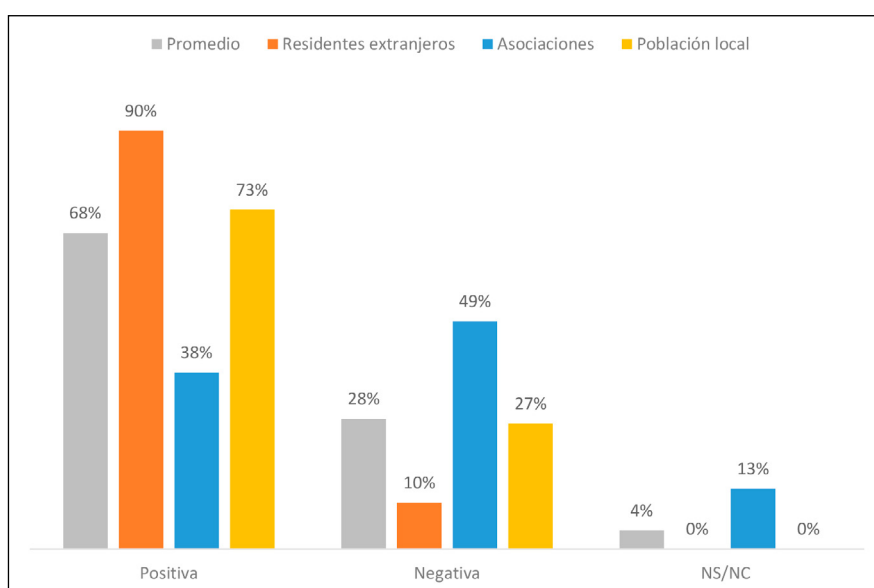


Elaboración propia

3.2. Valoración del modelo de urbanización dispersa

De forma general, el fenómeno de la urbanización dispersa en la comarca es contemplado en su conjunto de forma positiva, juzgándolo favorablemente el 68% de los encuestados, mientras que sólo el 28% lo hace de forma negativa. Aunque no se preguntaba por las motivaciones, se infiere que en las respuestas el peso del dinamismo económico que genera esta actividad ejerce un papel importante, aunque es interesante resaltar que, como se verá más adelante, esta justificación económica tiene también su equivalencia en la valoración paisajística. Lógicamente, los propietarios extranjeros acentúan la opinión positiva (un 90%), atendiendo a sus propios intereses, aunque hay que indicar también que los miembros de este colectivo consideran que sus propiedades suponen un importante revulsivo económico para la comarca (construcción, mantenimiento, consumo, etc.). Resulta de nuevo más llamativa la disparidad de opiniones existente entre los dos grupos de población española. Mientras que el 73% de los residentes en pequeños núcleos valoran positivamente las construcciones dispersas, esta cifra baja al 38,5% entre los miembros de las asociaciones culturales, grupo en la que es mayoritaria la percepción negativa (48,7%), como se puede observar en la Figura 7. Como ya se ha comentado, el perfil crítico se encuentra más acentuado entre los miembros de las asociaciones.

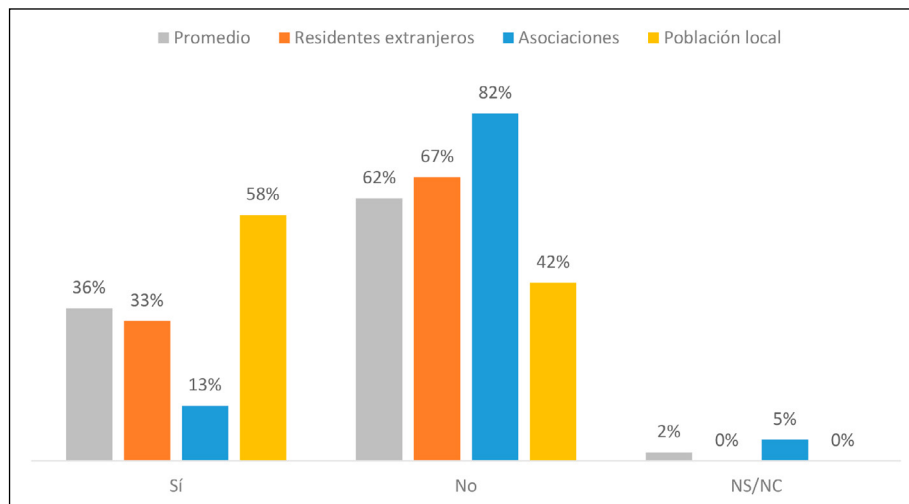
Figura 7. Valoración del modelo de urbanización dispersa en la comarca



Elaboración propia

Para confirmar esta tendencia globalmente favorable a la edificación dispersa, en otro punto del cuestionario se interrogaba a los encuestados si estaban de acuerdo con que se permitiera, legalmente, construir libremente en el espacio rural. En general, esta posibilidad es rechazada, si bien cuenta con un apoyo nada desdeñable (ver Figura 8). El 62% opina en contra de esta liberalización, mientras un 36% estaría de acuerdo. Hay que tener en cuenta que en las respuestas negativas se uniría, tácitamente, tanto la oposición a las edificaciones dispersas como el rechazo a la construcción de nuevas viviendas, sin implicar necesariamente esta segunda motivación asumir la primera. Entre los residentes extranjeros, las respuestas siguen una proporción prácticamente idéntica a la media. En un colectivo acusado de irregularidades urbanísticas y de impactos medioambientales, se rechaza la posibilidad de ampliación del número de edificaciones, cuya masificación, al mismo tiempo, reduciría su calidad de vida. Entre los miembros de las asociaciones el grado de rechazo es todavía mayor, superando el 82%; sin embargo, entre la población local se impone la opinión favorable, un 58% frente a un 42% que piensa en sentido contrario. Detrás de este dato, que camina en sentido contrario al del resto de los grupos encuestados, posiblemente se esconde tanto la apuesta por el mantenimiento de una actividad económica más, en un contexto laboral difícil, como la manifestación de una sociedad rural fuertemente influida por su tradición minifundista, que consiguientemente conlleva una capacidad de decisión absoluta sobre su parcela.

Figura 8. Opinión sobre la posibilidad de construir libremente en espacios rurales



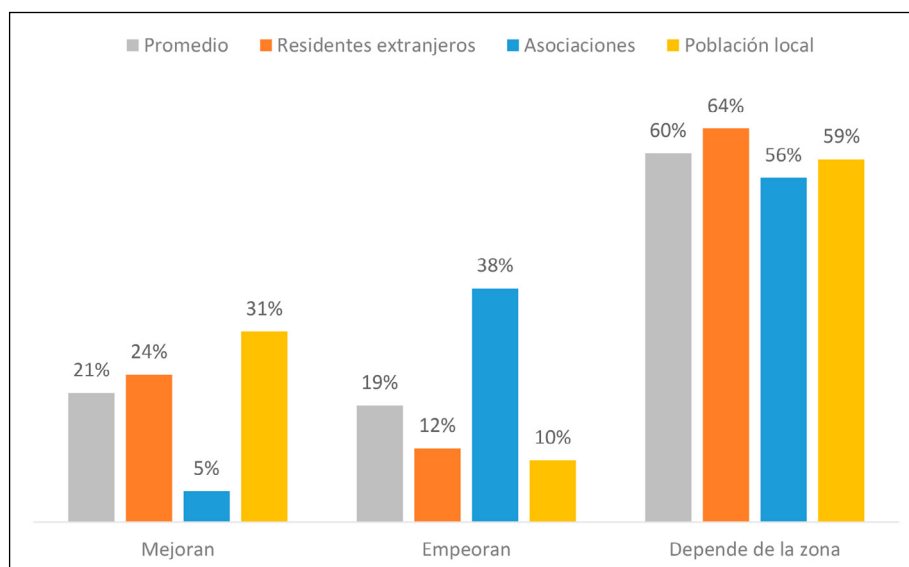
Elaboración propia

3.3. Percepción de las interrelaciones entre paisaje y urbanización dispersa.

El efecto sobre el paisaje de las edificaciones dispersas se planteaba, en un primer ítem, de forma genérica y sin argumentos prefijados, preguntando directamente si las casas aisladas mejoraban o empeoraban el paisaje, más una tercera opción ('depende de la zona') que por un lado evitaba la imprecisión de valorar conjuntamente una comarca de unos 1.000 km², pero que por otro se convertía en un refugio para la respuesta que no tenía un sentido muy definido. En conjunto, esta última fue la opción más elegida, con un 60% de las respuestas, mientras que un 21% de los encuestados entiende que mejora el paisaje y un 19% considera que lo empeora, unos porcentajes muy parecidos. Sin embargo, dentro de este promedio, resultan llamativas las diferencias en las respuestas de los diferentes grupos. Mientras sólo un 5% de los miembros de las asociaciones piensa que mejoran el paisaje (un 38% opina en sentido opuesto), el porcentaje asciende al 24% entre la población extranjera (donde se refuerza también la respuesta 'depende del lugar', con un 64%), y hasta un 31% entre la población local. En ambos grupos de población, los que consideran que mejora el paisaje duplican e incluso triplican a los que opinan que lo empeora (Figura 9), aunque estos alcanzan un nada despreciable 12% de las opiniones entre los propios propietarios extranjeros. En todo caso, la diferencia más llamativa entre las respuestas tiene que ver con las opiniones mostradas por la población local respecto a la de los miembros de las asociaciones, que se manifiestan de forma prácticamente inversa en las valoraciones más definidas: respectivamente un 31% y un 38% de las respuestas consideran que mejoran el paisaje, mientras que un 10% y un 38%, también respectiva-

mente, consideran que lo empeoran. Como se apuntó anteriormente, el respaldo de la población local a la construcción dispersa no es, por tanto, únicamente económico, sino que es también, en cierta medida, de naturaleza paisajística.

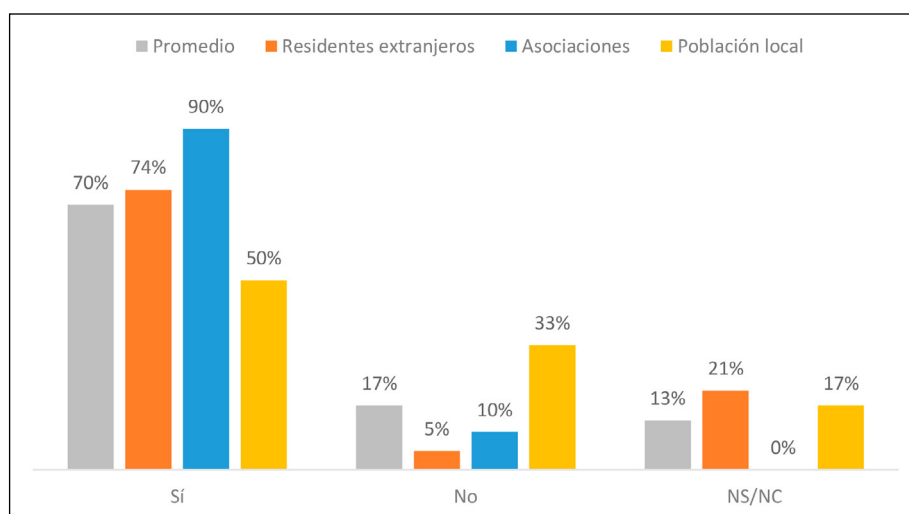
Figura 9. Valoración del efecto sobre el paisaje de las edificaciones aisladas



Elaboración propia

Profundizando en esta cuestión, los encuestados son conscientes, mayoritariamente, del impacto paisajístico provocado por, al menos, algunas de estas viviendas: el 70% piensa de este modo, pero mientras que en las asociaciones el porcentaje alcanza el 90%, o entre los mismos propietarios extranjeros llega al 74%, entre la población local las respuestas críticas con únicamente algunas construcciones se quedan en un escaso 50%, mientras los que lo niegan suben al 33%, lo que confirma la existencia, entre la población local, de una sólida corriente de opinión favorable a estas construcciones, también desde el punto de vista paisajístico o, como mínimo, la inocuidad de estas construcciones (Figura 10). En otros términos: sí el impacto sobre el paisaje de sólo alguna actuación únicamente es admitido por la mitad de los residentes locales, se deduce que para este grupo de población la mayoría de las edificaciones al menos no producen efectos negativos sobre el paisaje.

Figura 10. Percepción de impactos sobre el paisaje de algunas construcciones dispersas

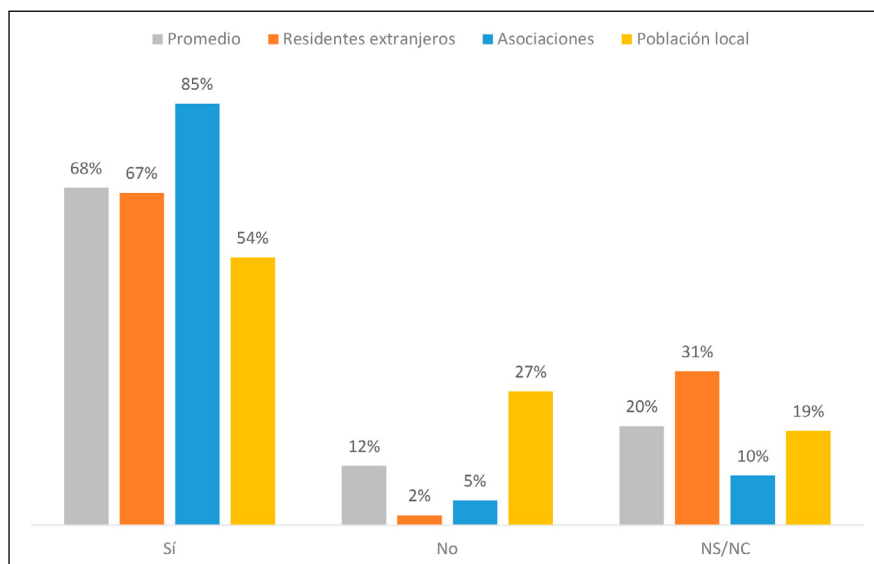


Elaboración propia

3.3.1. Apreciaciones sobre la densidad de edificaciones dispersas

El impacto paisajístico de estas edificaciones obedece, en una primera valoración, a su densidad, muy elevada en la Axarquía, por lo que se ha indagado sobre esta cuestión en varios puntos de la encuesta. Dado que la percepción de la densidad sobre el conjunto de la comarca podía resultar compleja, ya que existen diferentes grados de densidad, se optó por preguntar por el exceso de densidad *en algunas zonas* (sin que tuvieran que ser concretadas), lo que implicaba una percepción del problema de mínimos. En general, la mayoría de los encuestados son conscientes de que se ha superado una especie de umbral de saturación, al menos, en *algunas* zonas de la comarca, contestando en este sentido el 68% de los encuestados (Figura 11), pero mientras que los propietarios extranjeros se sitúan, de forma en cierta medida autocrítica, en ese promedio, los miembros de las asociaciones elevan el porcentaje al 85%, algo que se corresponde con la actitud crítica de este colectivo. Por el contrario, la población local reduce al 54% esta percepción, que, aun siendo mayoritaria, implica una cierta concesión únicamente en determinadas zonas; además, duplica el promedio los que opinan, dentro de este grupo, que no se ha construido excesivamente en ningún lugar (27% frente al 12% de promedio), lo que refuerza la existencia de un potente eje de percepción positiva de este fenómeno entre la población local.

Figura 11. Valoración sobre la excesiva construcción de viviendas en *algunas* zonas



Elaboración propia

Figura 12. Ejemplo de par fotográfico para preferencias de densidades (alta/baja)

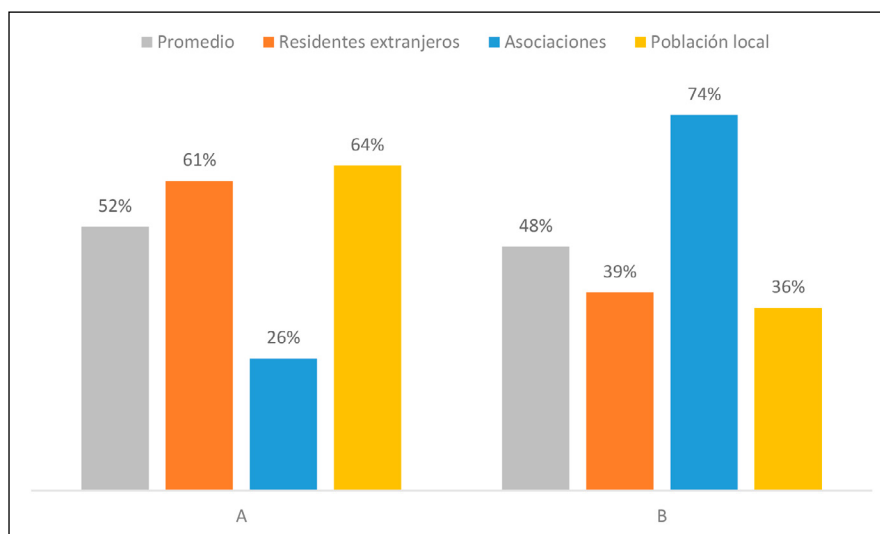


Fotografías de los autores

Con el objetivo de confirmar la valoración paisajística de la densidad de edificaciones dispersas, tres de los pares de fotografías incluidos en la encuesta mostraban zonas con diferentes grados de densidad

de construcciones (ver ejemplo en Figura 12). En general (Figura 13), de las respuestas se puede concluir que son ligeramente preferidas por los encuestados, en conjunto, las densidades altas y media-altas (52%) en lugar de las bajas y media-bajas (48%). Este dato contrasta con la existente percepción técnica, mediática y académica sobre el impacto de estas construcciones, y sirve de puntualización a las respuestas anteriormente expuestas sobre los efectos de la densidad, que únicamente consideraba los efectos negativos sobre el paisaje de ciertas zonas. Hay que resaltar, de nuevo, la existencia de fuertes disparidades entre los grupos: la tendencia hacia densidades elevadas está más claramente marcada entre la población extranjera y la población local (61% y 64% respectivamente) que entre los miembros de asociaciones (26%), entre los que son mayoría las preferencias por densidades bajas o muy bajas (74%).

Figura 13. Preferencias sobre densidad de viviendas en pares de fotos (A= alta y media alta; B= Baja y media baja)



Elaboración propia

3.3.2. Valoraciones sobre modelos de agrupamiento y emplazamientos

Las edificaciones dispersas no siguen un mismo patrón de organización espacial, sino que responden a dos modelos generales: el modelo concentrado en pequeños asentamientos, a modo de caseríos, sin llegar a producir adosamientos, y el modelo completamente aislado. Por ello, resultaba de interés conocer también la percepción de los encuestados sobre ambos tipos, incluyendo ejemplos de ellos en diversos pares de imágenes (ver ejemplo en Figura 14). En general, como se puede observar en la Figura 15, hay una ligera preferencia por el poblamiento disperso frente al concentrado en pequeñas entidades (51% frente a 45%), aunque este dato general encierra una marcada diferencia: mientras que las asociaciones apuestan claramente por el poblamiento en pequeños grupos (59%), buscando probablemente limitar los efectos de la urbanización sobre el territorio, los residentes extranjeros apoyan en mayor medida el poblamiento disperso (71%), coincidente en alto grado con sus viviendas, pero también percibido, en esencia, de forma más integrada en el paisaje. La población local, en este caso, no posee una preferencia marcada sobre ambos patrones, equilibrando los resultados. Resultan de interés estos datos si se tiene en cuenta que la Administración apuesta de forma decidida por el modelo concentrado, algo que no suscita un apoyo claro entre los encuestados.

También se preguntaba mediante el mismo procedimiento (elección entre pares de fotos) sobre los emplazamientos de las viviendas, un factor determinante de su impacto paisajístico. Para su inclusión en la encuesta se han seleccionado los emplazamientos en cumbres (principales o de interfluvios secundarios), laderas, valles y llanuras, mostrándolos combinados en varios pares de fotos (ver ejemplo en Figura 16). Hay, en general, una preferencia marcada por los emplazamientos amables, tanto en valles (66%) como en llanuras (60%), generando un cierto rechazo las ubicaciones en cumbres y laderas. Estos resultados tienden a valorar la menor intervención en el paisaje y la mayor aptitud de los terrenos para la construcción. Sin embargo, es necesario destacar que el poblamiento disperso tradicional en la comarca tenía como uno de sus emplazamientos preferentes las líneas de cumbre de los interfluvios, dado que unía una topografía relativamente llana con la mayor cercanía a los cultivos, desarrollados, en buena parte, en

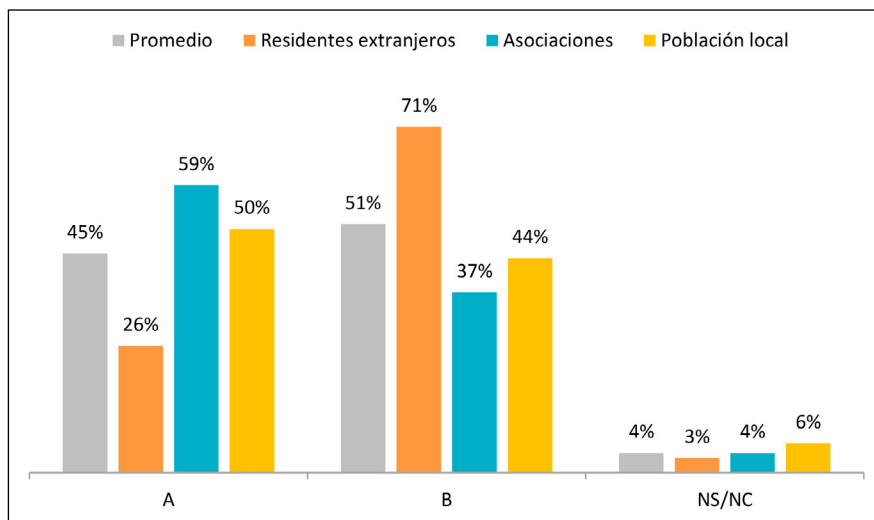
las montañas medias de la comarca. Este emplazamiento tradicional es algo más tenido en cuenta por la población local (54%), mientras que genera más rechazo entre los miembros de las asociaciones (42%), que posiblemente penalizan la mayor visibilidad de las construcciones emplazadas en líneas de cumbres. Inversamente, por el efecto contrario, la amplitud de vistas, estos emplazamientos en cumbre tienen también una mayor valoración entre los residentes extranjeros (Figura 17).

Figura 14. Ejemplo de par fotográfico para preferencias sobre organización espacial (caseríos/aislado)



Fotografías de los autores

Figura 15. Preferencias sobre modelo de organización espacial (A= concentrado; B= disperso)



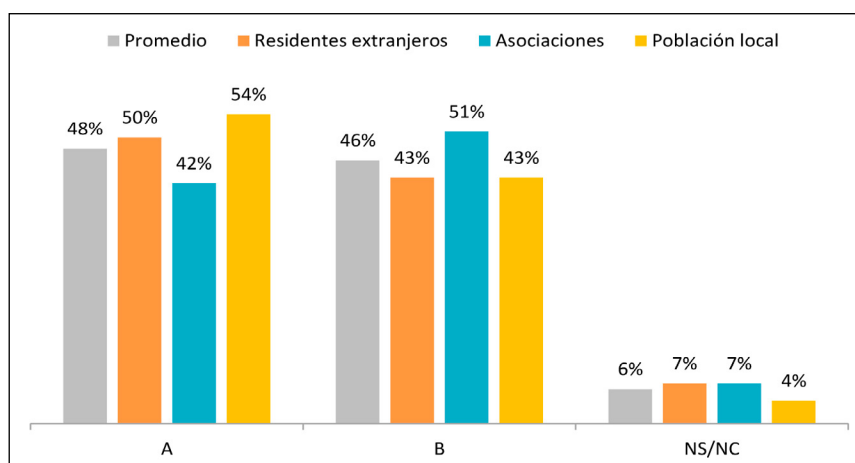
Elaboración propia

Figura 16. Ejemplo de par fotográfico para preferencias sobre emplazamientos (cumbres/laderas)



Fotografías de los autores

Figura 17. Valoraciones sobre tipología de emplazamientos (A= cumbres; B= laderas)

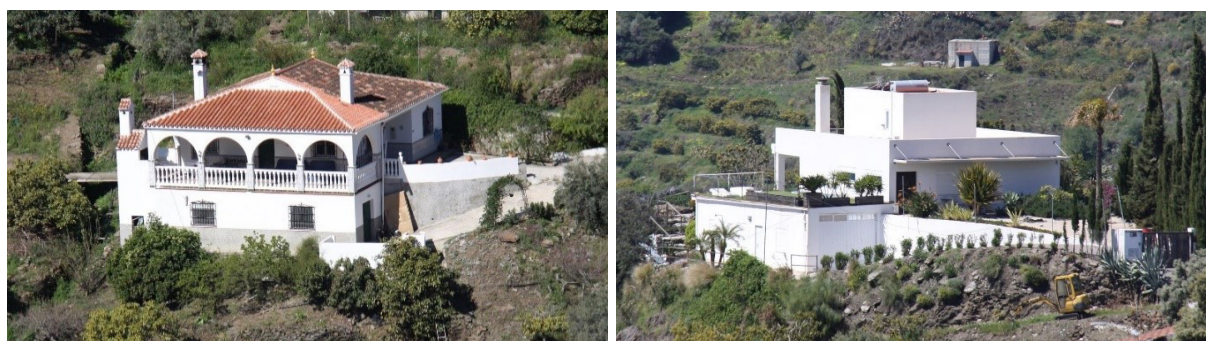


Elaboración propia

3.3.3. Preferencias sobre tipologías arquitectónicas

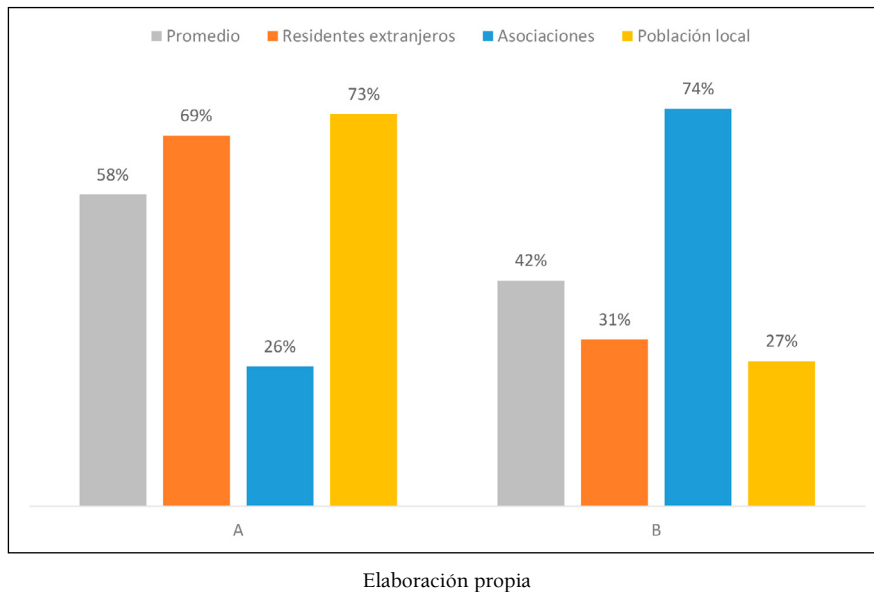
En una escala de aproximación más próxima, la tipología de la construcción puede suponer un factor de incidencia paisajística muy potente, por lo que se incluyó en la encuesta a través de la evaluación de diversos pares de fotografías que reflejaran los modelos tipológicos más habituales, sin denominarlos (ver ejemplo en Figura 18). En este sentido, unas líneas preferenciales sobre tipologías aparecen en las respuestas de forma más contundente que otras. En general, se rechaza tanto los estilos importados (como las construcciones prefabricadas de madera, en forma de cabaña alpina), como la arquitectura de estilo más puramente contemporáneo, incluso en casos que se podrían considerar como diseños de calidad bien resueltos paisajísticamente. En estos casos, los porcentajes de elección se sitúan entre el 16 y el 18% en los residentes extranjeros y la población local, estando más equilibrado entre los miembros de asociaciones (56%). Por el contrario, se apuesta claramente por los estilos tradicionales, algo que entra dentro de una cierta lógica conservadora, o por los que podrían denominarse como estilos híbridos o neotradicionales, el denominado modelo chalé: viviendas unifamiliares estructuralmente modernas pero que incluyen ciertos elementos que remiten a la arquitectura tradicional. En los resultados generales (Figura 19) hay una clara preferencia hacia estos últimos (58% frente a 42%), pero existen grandes discrepancias entre los diferentes grupos de encuestados. Por ejemplo, entre los miembros de las asociaciones, el resultado se invierte claramente, decantándose muy contundentemente por las tipologías tradicionales (74%). En cambio, entre los extranjeros hay una mayor preferencia por las tipologías híbridas, al igual que entre la población local, con porcentajes prácticamente opuestos a los obtenidos entre las asociaciones: un 73% eligen las híbridas y sólo un 27% las tradicionales. Entre las razones que subyacen en esta elección se encuentra, además de las razones antes expuestas (mayor conciencia patrimonial entre las asociaciones), la probable vinculación del modelo tradicional con construcciones viejas, con una cierta connotación de deterioro por su edad, mientras que los modelos híbridos son percibidos en mayor medida como nuevos, y por tanto mejor conservados, aunque sin dejar de mantener un cierto poso tradicional en su estilo arquitectónico.

Figura 18. Ejemplo de par fotográfico para preferencias sobre tipologías (modelo híbrido o chalé / tipologías contemporáneas)



Fotografías de los autores

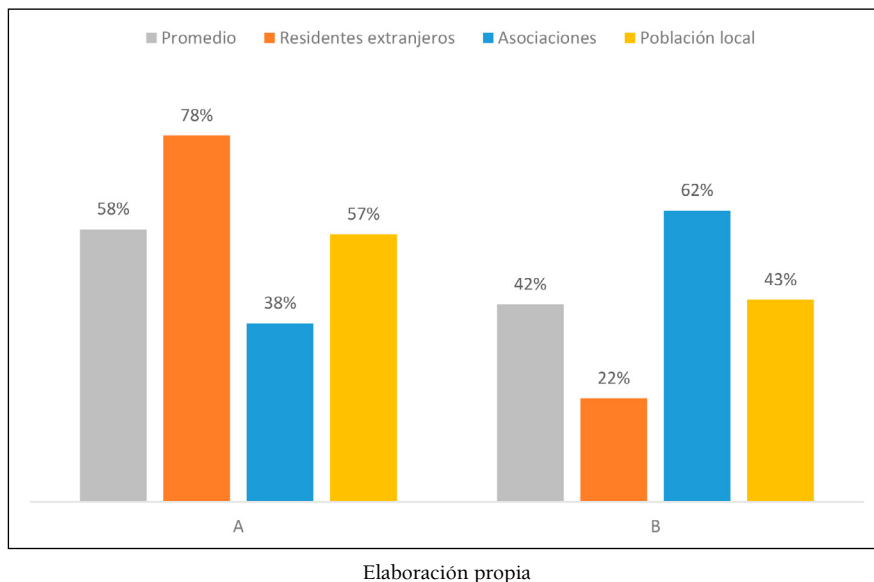
Figura 19. Preferencias acerca del estilo arquitectónico de las viviendas (A = tipologías híbridas o modelo chalé. B = tipologías tradicionales)



3.3.4. Valoraciones sobre la ocupación del suelo en los espacios intersticiales

El efecto paisajístico de las edificaciones dispersas trasciende a la propia edificación y a menudo afecta a los usos del suelo existentes entre ellas, los denominados *espacios intersticiales*; al mismo tiempo, el posible impacto paisajístico puede aminorarse, mejorando su integración, poniendo el acento no ya en las edificaciones, sino en estos espacios, no sólo por la mitigación del impacto visual, sino por el enriquecimiento del paisaje que puede suponer su adecuado tratamiento.

Figura 20. Opiniones sobre espacios intersticiales (A=cultivos subtropicales; B=olivar)



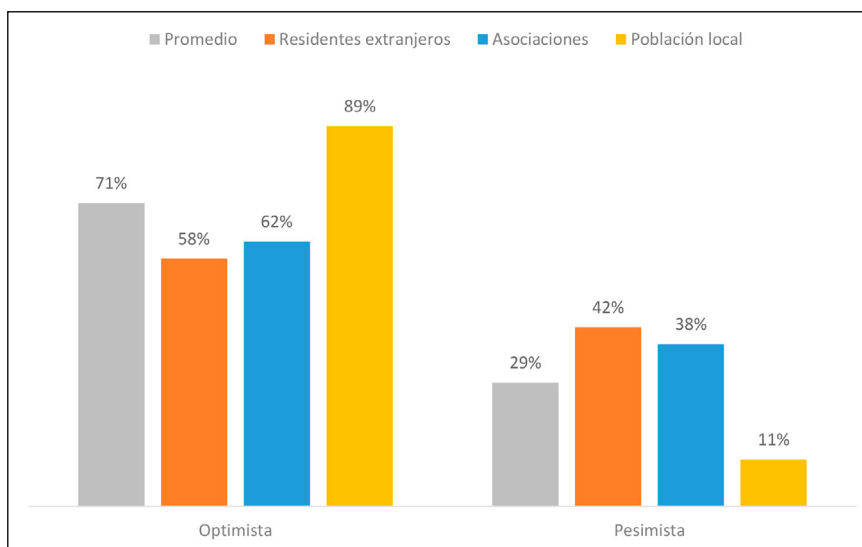
En los resultados, hay una marcada preferencia por la ocupación agraria del suelo, sobre todo arbórea, bien con cultivos subtropicales o bien con especies más tradicionales, como los olivos. No obstante, existen claras diferencias entre los grupos. Mientras que los extranjeros apuestan claramente por la frondosidad de los subtropicales, los encuestados de las asociaciones manifiestan una mayor preferencia por el más tradicional olivar; la población local se sitúa cerca de la media, ligeramente más atraída por los subtropicales, aunque con una sólida preferencia también por los tradicionales (Figura 20). Respecto

al resto de usos del suelo, existe un claro rechazo de los invernaderos y de los espacios no agrarios sin cobertura arbórea, estando esta percepción negativa mucho más acusada entre los residentes extranjeros. Por ejemplo, las imágenes con invernaderos sólo son escogidas por el 3% de los extranjeros, mientras entre la población local ese porcentaje llega el 30%, reflejando claramente la percepción positiva de su productividad económica. Por su parte, los montes cubiertos de vegetación natural arbustiva reciben una mejor valoración por los encuestados de las asociaciones (que posiblemente valoren su naturalidad) y peor por parte de la población extranjera, que tiende a identificarlos como degradados al no contar con una gran presencia arbórea.

3.4. Percepción sobre el futuro del paisaje de la comarca

Finalizando el cuestionario, se sondeaba a los encuestados por su percepción del futuro del paisaje en la Axarquía. A pesar de los cambios territoriales que viene experimentando la comarca, algunos de ellos intensos, la mayoría de los encuestados se declara optimista, un 71%, mientras que el 29% restante lo percibe de manera pesimista. De nuevo emergen diferencias entre los diferentes grupos, no radicalmente, pero sí de forma sustancial. Por ejemplo, entre los miembros de las asociaciones y los residentes extranjeros las diferencias se estrechan: 62,5% de respuestas optimistas en el primer caso y 58% en el segundo. Resulta interesante el porcentaje de percepciones pesimistas entre los propietarios extranjeros (42%) y posiblemente en ellas influya la situación de inseguridad jurídica en la que se encuentran, aunque también puede reflejar la percepción de progresiva pérdida del paraíso rural que encontraron a su llegada. Por el contrario, entre la población local el porcentaje de respuestas positivas se eleva espectacularmente: un 89% de la población contempla con optimismo el futuro paisajístico de la comarca. Si se une este dato a los anteriores, se puede deducir que se trata de una población que en cierta medida valora las transformaciones que se están experimentando como un enriquecimiento del paisaje (Figura 21).

Figura 21. Percepción sobre el futuro del paisaje en la comarca



Elaboración propia

4. Discusión de resultados

El trabajo realizado aporta información y conclusiones útiles para la comprensión del fenómeno de la urbanización dispersa sobre suelos rurales, especialmente en su dimensión paisajística, así como para el diseño de posibles medidas de recuperación paisajística o, más genéricamente, de ordenación territorial. Se considera que el análisis de la percepción social constituye una herramienta imprescindible para abordar posibles soluciones al conflicto territorial y paisajístico generado. En la literatura existente se alude a la dimensión social del fenómeno, y en particular a las causas que motivan el desarrollo del urbanismo disperso en los entornos litorales mediterráneos, haciendo referencia entre ellos al atractivo paisajístico de estos espacios rurales; sin embargo, este acercamiento apenas se ha traducido en la realización de

estudios específicos de percepción social. En este sentido, este trabajo puede ser contemplado como una primera aproximación a esta temática. No obstante, serían necesarios estudios adicionales para ratificar o matizar los resultados obtenidos, dado que los resultados que se ofrecen, obtenidos en el marco de un proyecto de investigación, no permite, por su propia magnitud económica, la realización de encuestas a gran escala, mucho menos a población aislada. Las dificultades en la organización de grupos, así como la propia naturaleza de algunos de esos grupos (como los residentes extranjeros en viviendas dispersas) ha impedido la realización de un mayor número de encuestas, aunque se considera que la cantidad realizada es razonable y que ha permitido obtener resultados de interés. Igualmente, sería aconsejable que la extensión de la encuesta alcanzara a otros grupos de población, como por ejemplo la población joven, a los que por motivos organizativos ha resultado difícil acceder de forma colectiva. Por otro lado, resulta de interés complementar los datos aportados por las encuestas a distintos grupos de población con la información obtenida a través de la aplicación de otra herramienta de percepción social, la entrevista a actores sociales cualificados. En este sentido, el proyecto en el que se enmarca este trabajo incluyó también la realización de entrevistas cualitativas a diferentes y numerosos actores sociales de la comarca, encontrándose en la actualidad en proceso de análisis e interpretación.

Por su parte, la zona de estudio analizada es altamente representativa, quizá incluso paradigmática, de este fenómeno, por lo que los resultados obtenidos trascienden al territorio seleccionado; aun así, sería necesario contrastar los resultados con los obtenidos en estudios similares que se realicen en otras áreas de estudio, especialmente de la zona sublitoral mediterránea, como por ejemplo la Comunidad Valenciana. Existen diversos y valiosos estudios relativos a variados aspectos de esta temática, que han analizado la expansión física de este tipo de *sprawl*, sus causas y consecuencias, siendo menos tratada la percepción social del fenómeno y más concretamente en relación a sus impactos paisajísticos. Más allá del área mediterránea, la extensión de un estudio de estas características a otras modalidades de poblamiento disperso, como pueda ser el *sprawl* urbano, como ocurre por ejemplo en determinados espacios periurbanos, posiblemente se enfrente a una problemática diferente, alejada de la existente en estas zonas rurales, más allá, por supuesto, de problemas comunes, como los relacionados con la legalidad urbanística o con la dotación de servicios.

5. Conclusiones

Como conclusión general, se puede deducir de los resultados obtenidos que existe una visión de la dimensión paisajística de la urbanización dispersa que no refleja la imagen del problema que normalmente transmiten los responsables políticos, los técnicos, los medios de comunicación e incluso el mundo académico. Los impactos en el paisaje son evidentes y se derivan de diversas variables (Mérida y Perles, 2020): elevada densidad de edificaciones, emplazamientos inadecuados, volumetrías excesivas, tipologías constructivas inapropiadas, escasa integración de elementos auxiliares (viales, vallados, muros de contención, etc.). Estos impactos se producen, además, sobre espacios rurales en los que, paradójicamente, el paisaje supone (y supuso), además de un recurso económico, un activo para la oferta inmobiliaria. Por ello, una política de ordenación territorial debe tener como objetivo detener este proceso y, especialmente, establecer medidas para la recuperación paisajística de estas áreas, entendiendo que la transformación del paisaje experimentada es, en la práctica, irreversible (salvo casos muy puntuales).

Sin embargo, el estudio muestra cómo existen importantes discrepancias entre los distintos grupos de encuestados sobre la base del problema, la percepción del impacto paisajístico y su relevancia. Esta conclusión obliga, por un lado, a la necesidad de explicar la naturaleza del impacto, de hacer pedagogía sobre el valor de lo público (el paisaje) respecto a lo privado (la vivienda), y sobre el sentimiento de propiedad sobre el paisaje, y por otro lado sugiere la conveniencia de revisar ideas quizá demasiado maximalistas que se han instalado en la percepción de los ciudadanos de las zonas urbanas sobre este problema. Se ha constatado que existe en una parte de los encuestados una visión más amable de la edificación dispersa, a menudo desarrollada sobre terrenos agrícolas abandonados, y esto implica, en su percepción, valorar un paisaje actual, que más allá de su atractivo concreto, constituye un paisaje vivo respecto a lo que probablemente sea percibido como restos de paisajes anteriores. Por otra parte, esta valoración, considerablemente extendida, posiblemente guarda una conexión semántica con un arraigado sentido de la propiedad en este espacio rural de tradición minifundista, que se traduce en un paisaje compartimentado, también en el proceso urbanizador.

Por otro lado, se ha comprobado que existe mucha disparidad entre diversos grupos de población, especialmente entre los dos grupos de residentes locales y los miembros de asociaciones. En numerosos ítems se produce la paradoja de que la población extranjera, los propietarios de buena parte de estas edificaciones, suponen el colectivo que más se acerca, en líneas generales, a los valores medios del conjunto de la encuesta, cuando normalmente cabría pensar que fueran los que tuvieran una posición más extrema, debido a su clara implicación personal en este proceso territorial. La disparidad se manifiesta principalmente entre la población española, entre los miembros de las asociaciones, normalmente con un mayor nivel educativo y más comprometidos socialmente, y la población local residente en pequeños núcleos. Esta disparidad, que permitiría sospechar que pueda tener un trasfondo de naturaleza formativa o social, contiene también una clara correspondencia espacial, que contrapondría los espacios urbanos litorales, en líneas generales más conservacionistas, a los núcleos rurales interiores, de mentalidad más productivista.

Resulta útil, en todo caso, conocer esta realidad para poder diseñar y afrontar con éxito posibles y necesarias medidas de recuperación paisajística de las zonas afectadas por este fenómeno, algo que se recoge en las sucesivas normativas específicas de regularización urbanística de este fenómeno, en su correspondiente Plan de Ordenación Subregional (Junta de Andalucía, 2006) e incluso en la nueva legislación urbanística de Andalucía, en estos momentos en tramitación (Ley de impulso para la Sostenibilidad del Territorio de Andalucía). Para ello es prácticamente imprescindible contar con la participación de la población implicada, directa (propietarios) o indirectamente. En cualquier caso, una política de gobernanza territorial eficiente debe contemplar la participación de la población, como establece, en materia de paisaje, el Convenio Europeo del Paisaje. El conocimiento de la percepción social del problema, en este caso en su dimensión paisajística, puede constituir un punto de partida para la formulación de medidas que avancen en la recuperación paisajística de estos espacios.

Financiación

Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación denominado: '*Percepción social de la urbanización dispersa en entornos litorales mediterráneos y aplicación a la formulación de objetivo de calidad paisajística*' financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (Proyectos de Excelencia. Código: CSO2015-67659-P).

Referencias

- Barke, M. (1991). The growth and changing pattern of recreational homes in Spain in the 1970s. *Scottish Geographical Magazine*, 107(1), 12-21. <https://doi.org/10.1080/00369229118736802>
- Beriatos, E. (2008). Uncontrolled Urbanization, Tourism Development and Landscape Transformation in Greece. *Congress Report*, 44th ISOCARP Congress, Dalian (China). Recuperado de http://www.isocarp.net/Data/case_studies/1213.pdf
- Burriel, E. (2009). La Unión Europea y el urbanismo valenciano. ¿Conflicto jurídico o político?. *Boletín Asociación de Geógrafos Españoles*, 49, 5-23.
- Burriel, E. (2018). Las viviendas secundarias ilegales de la etapa del desarrollismo. El ejemplo de Gilet (Valencia). *Cuadernos de Geografía*, 100, 23-58.
- Council of Europe (2000). *European Landscape Convention*. Council of Europe Publications.
- Couch, C., Leontidou L. y Petschel-Held, G. (2007). *Urban sprawl in Europe: landscapes, land-use change & policy*. <https://doi.org/10.1002/9780470692066>
- Díaz Pacheco, J. y García Palomares, J.C. (2014). Urban sprawl in the mediterranean urban regions in Europe and the crisis effect on the urban land development: Madrid as Study Case. *Urban Studies Research*, article ID 807381. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/807381>
- European Environment Agency (EEA) (2006). *Urban sprawl in Europe: The ignored challenge*. Copenhagen: European Environment Agency.
- European Environment Agency (EEA) & Swiss Federal Office for the Environment (FOEN) (2016). *Urban Sprawl in Europe*. Luxembourg: European Environment Agency, Report 11/2016.

- Egidi, G., Cividino, S., Vinci, S., Sateriano, A. y Salvia, R. (2020). Towards local forms of sprawl: a brief reflection on Mediterranean urbanization. *Sustainability*, 12(2), 582. <https://doi.org/10.3390/su12020582>
- ESRI (2021). Mapa Base Topográfico.
- Ezquiaga, J.M. (1983). Parcelaciones ilegales en suelo no urbanizable: nuevas formas de consume del espacio en los márgenes de la ley del suelo. *Ciudad y Territorio*, 56, 59-72.
- Gonzalez-Abraham, C.E., Radeloff, V.C., Hammer, R.B., Hawbaker, T.J., Stewart, S.I. y Clayton, M.K. (2007). Building Patterns and Landscape Fragmentation in Northern Wisconsin, USA. *Landscape Ecology*, 22(2), 217-230. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-9016-z>
- Hall, M. y Müller, D. (Eds.) (2004). *Tourism, mobility and second homes. Between elite landscape and common ground*. <https://doi.org/10.21832/9781873150825>
- Hof, A. y Blázquez-Salom, M. (2013). The Linkages between Real Estate Tourism and Urban Sprawl in Majorca (Balearic Islands, Spain). *Land*, 2, 252-277. <https://doi.org/10.3390/land2020252>
- Hortas-Rico, M. y Solé-Ollé, A. (2010). Does urban sprawl increase the costs of providing local public services? Evidence from Spanish municipalities. *Urban Studies*, 47(7), 1513-1540. <https://doi.org/10.1177/0042098009353620>
- Inostroza, L., Baur, R. y Csaplovics, E. (2013). Urban sprawl and fragmentation in Latin America: A dynamic quantification and characterization of spatial patterns. *Journal of environmental management*, 115, 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.007>
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (2020). *Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA)*. Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades. Junta de Andalucía.
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (2019). *Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA): Límites Administrativos*. Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades. Junta de Andalucía.
- Instituto Geográfico Nacional (2019). *Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)*. Ministerio de Transporte Movilidad y Agenda Urbana. Gobierno de España.
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2019). Revisión Padrón Municipal.
- James, P., Troped, P. J., Hart, J. E., Joshu, C. E., Colditz, G. A., Brownson, R. C. y Laden, F. (2013). Urban sprawl, physical activity, and body mass index: nurses' health study and nurses' health study II. *American journal of public health*, 103(2), 369-375. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2011.300449>
- Junta de Andalucía (2018). Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM), 2018.
- Junta de Andalucía (2006). Plan de Ordenación del Territorio Costa del Sol Oriental - Axarquía. Consejería de Obras Públicas y Transportes.
- Justicia, A. (1988). *La Axarquía malagueña y la costa oriental. Dos espacios agrarios contrapuestos*. Málaga: editorial Arguval.
- Leontidou, L. y Marmaras, E. (2001). From tourist to migrants: residencial tourism and 'littoralization'. En Y. Apostolopoulos, P. Loukissas y L. Leontidou (Eds.), *Mediterranean tourism: Facets of socioeconomic development and cultural change* (pp. 257-267). London: Routledge.
- Mann, S. (2009). Institutional causes of urban and rural sprawl in Switzerland. *Land Use Policy*, 26(4), 919-924. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.11.004>
- Mantecón, A., Membrado, J. C. y Huete, R. (2016). Fragmentación socio-espacial, inmigración europea y discursos políticos en la Provincia de Alicante. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (72), 67-90.
- Mazón, T. y Aledo, A. (2005). El dilema del turismo residencial: ¿turismo o desarrollo inmobiliario?. En T. Mazón y A. Aledo (Eds.), *Turismo residencial y cambio social. Nuevas perspectivas teóricas y empíricas* (pp. 13-29). Alicante: Editorial Aguaclara.
- Meeus, S. y Gulinck, H. (2008). Semi-Urban Areas in Landscape Research: A Review. *Living Review Landscape Research*, 2. <https://doi.org/10.12942/lrlr-2008-3>

- Membrado, J.C. (2013). Sunny Spain: migrantes del sol y urbanismo expansivo en el litoral mediterráneo español. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 45(178), 687-708.
- Membrado, J. C. (2015). Migración residencial y urbanismo expansivo en el Mediterráneo español. *Cuadernos de Turismo*, (35), 259-286.
- Mérida Rodríguez, M. y Perles Roselló, M.J. (2020). La integración paisajística como instrumento de gobernanza e inteligencia territorial y su aplicación a la urbanización dispersa. En Gómez Jiménez, M.L. (dir.), *Inteligencia territorial y regulación económica* (pp. 149-176). Pamplona: Thomson-Reuters Aranzadi.
- Mérida Rodríguez, M. (2019). Paisaje, procesos territoriales, transformaciones paisajísticas y percepción social en la comarca de la Axarquía (Málaga). *Erebea*, (9), 105-132. <https://doi.org/10.33776/erebea.v9i0.3789>
- Módenes, J.A. y López, J. (2007). Recreational homes in Spain: Socio-demographic and geographical profiles. *Population* (English Edition), 62(1), 157-71. <https://doi.org/10.3917/pope.701.0157>
- Morote, A.F y Hernández, M. (2016a). Población extranjera y turismo residencial en el litoral de Alicante (1960-2010): repercusiones territoriales. *Eure*, 42(116), 55-76. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612016000200003>
- Morote, A.F y Hernández, M. (2016b). Urban sprawl and its effects on water demand: A case study of Alicante. Spain. *Land Use Policy*, 50, 252-362. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.06.032>
- Morris, D. E. (2013). *It's a Sprawl World After All: The human cost of unplanned growth-and visions of a better future*. New Society Publishers.
- Oueslati, W., Alvanides, S. y Garrod, G. (2015). Determinants of urban sprawl in European cities. *Urban Studies*, 52(9), 1594-1614. <https://doi.org/10.1177/0042098015577773>
- Salvati, L. y Gargiulo, V. (2014). Unveiling urban sprawl in the mediterranean region: Towards a latent urban transformation?. *International Journal of Urban and Regional Research*, 38(6), 1935-1953.
- Yue, W., Liu, Y. y Fan, P. (2013). Measuring urban sprawl and its drivers in large Chinese cities: The case of Hangzhou. *Land use policy*, 31, 358-370. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.07.018>
- Yus, R. y Torres Delgado, M.A. (2010). *Urbanismo difuso en suelo rústico*. Málaga: GENA-Ecologistas en Acción.

Referencias legales:

- Decreto 2/2012, de 10 de enero, por el que se regula el régimen de las edificaciones y asentamientos existentes en suelo no urbanizable en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Ley 6/2016, de 1 de agosto, por la que se modifica la Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía para incorporar medidas urgentes en relación con las edificaciones construidas sobre parcelaciones urbanísticas en suelo no urbanizable.
- Ley 2/2018, de 26 de abril, relativa a modificación de la Ley 6/2016, de 1 de agosto, por la que se modifica la Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía, para incorporar medidas urgentes en relación con las edificaciones construidas sobre parcelaciones urbanísticas en suelo no urbanizable.


Cita bibliográfica: Escolano-Utrilla, S., López-Escolano, C., & Pueyo Campos, A. (2021). Movilidad residencial intraurbana de los españoles y extranjeros en Zaragoza (España): diferentes espacios, distintos procesos. *Investigaciones Geográficas*, (76), 75-95. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18397>

Movilidad residencial intraurbana de los españoles y extranjeros en Zaragoza (España): diferentes espacios, distintos procesos

Intra-urban residential mobility of Spaniards and foreigners in Zaragoza (Spain): different spaces, different processes

Severino Escolano-Utrilla^{1*} 

Carlos López-Escolano² 

Ángel Pueyo Campos³ 

Resumen

La movilidad residencial es una práctica material y simbólica que forma parte de procesos de producción social del espacio urbano. Las condiciones físicas, sociales y la representación del espacio geográfico en el que se localizan la residencia actual y la futura son factores fundamentales de las decisiones que los individuos y familias toman para cambiar de residencia. Cada grupo social, diferenciado por su nacionalidad, etnia, edad o estatus socioeconómico, valora de forma distinta las ventajas e inconvenientes de cada localización, lo que genera diversos patrones espaciales de movilidad residencial. Aquí se estudian, a varias escalas, las configuraciones funcionales y espaciales de los cambios de residencia del grupo de españoles y extranjeros habidos en Zaragoza entre 2003 y 2017, entendidas como una red relacional de lugares conectados por flujos origen-destino de los cambios de residencia. Se utilizan datos individuales agregados en secciones censales a los que se ha aplicado una metodología que combina procedimientos de análisis espacial y de redes geosociales. Los resultados muestran que las redes de movilidad residencial de ambos grupos tienen diferente organización funcional y se desenvuelven, preferentemente, en distintos espacios. Los efectos de la movilidad residencial se manifiestan en variaciones de población y de la composición sociodemográfica de cada área. La distribución de las distancias de los cambios de residencia de españoles y extranjeros se ajusta a un modelo lognormal, permitiendo predecir con precisión la localización de la residencia futura a partir de la localización de la residencia actual.

Palabras clave: movilidad residencial intraurbana; inmigrantes extranjeros; redes socioespaciales; Zaragoza (España).

Abstract

Residential mobility is a material and symbolic practice that is part of social production in urban space. Physical and social conditions and the representation of the geographic space in which the current and future residents are located are fundamental factors in the decisions that individuals and families make when changing residence. Each social group, differentiated by their nationality, ethnicity, age, or socioeconomic status, appraises the advantages and disadvantages of each location in a different way, and

1 Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, España. severino@unizar.es. * Autor para correspondencia

2 Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, España. cle@unizar.es

3 Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, España. apueyo@unizar.es

this generates different spatial patterns of residential mobility. We study at various scales the functional and spatial configurations of the changes of residence of a group of Spaniards and foreigners that occurred in the city of Zaragoza (Spain) between 2003 and 2017. This is understood as a relational network of places connected by origin-destination flows of changes of residence. Individual data aggregated in census sections have been used with a methodology that combines spatial analysis procedures and geosocial networks. Results show that the residential mobility networks of both groups have different functional organisations in different spaces. The effects of residential mobility are manifested by variations in the volume of the population and the sociodemographic composition of each area. Finally, the distribution of the distances involved in changes of residence of Spaniards and foreigners was well adjusted to a lognormal model, which enables accurately predicting the location of a residence.

Keywords: intra-urban residential mobility; foreign immigrants; socio-spatial networks; Zaragoza (Spain).

1. Introducción

Los científicos sociales han estudiado los procesos de la movilidad de la población, a diversas escalas, para conocer las características de quién cambia de residencia (o permanece en la misma), por qué razones lo hace, cómo se producen estos cambios, qué efectos desencadenan y, en bastante menor medida, entre qué lugares se producen (Di Virgilio, 2011; King, 2012), aunque la investigación de la movilidad residencial intraurbana ha recibido menos atención que otras movilidades como, por ejemplo, la internacional (Coulter, Ham & Findlay, 2015).

La noción «ciclo de vida», que expresa las aspiraciones residenciales de los individuos y familias en sucesivas etapas vitales (Clark & Dieleman, 1996; Pujadas Rúbies, Prats Boned & Coll Noguera, 2007), ha articulado buena parte de la investigación sobre la movilidad residencial intraurbana. La creciente complejidad de las formas de la movilidad residencial intraurbana (Coulter *et al.*, 2015; Murayama, Inoue & Hashimoto, 1997; López-Gay, 2017) —impulsada por los cambios en los estilos de vida y en la composición de los hogares— junto con la diversificación epistemológica habida en las ciencias sociales desde la década de 1990 han enriquecido el marco teórico y los datos empíricos de los estudios de la movilidad residencial (King, 2012).

Las nuevas perspectivas consideran a la movilidad residencial intraurbana como una práctica material y simbólica, de naturaleza relacional, que conecta vidas a través del tiempo y el espacio (Coulter *et al.*, 2015) y que se desarrolla en un contexto en el que interactúan las preferencias y posibilidades individuales con las estructuras socioeconómicas y del espacio urbano. Desde este punto de vista, este tipo de movilidad contribuye notablemente a la transformación de la geografía social, funcional y urbanística de las ciudades (López-Gay, 2014; López-Gay, 2018).

El estudio de la movilidad residencial intraurbana, entendida como un fenómeno social complejo (Torrado, 2020), implica la diversificación de sus enfoques y contenidos así como la consideración de la localización, no tanto como una variable independiente más de un proceso de decisión de cambio de vivienda, sino uno de los primeros condicionantes que actúa en dicho proceso, es decir, las aspiraciones residenciales se buscan primero en las proximidades de la residencia actual e, incluso, se renuncia a algunas por permanecer en las cercanías de esta. La elección de una nueva vivienda en el mismo barrio o área que la vivienda actual supone ventajas como mantener las relaciones sociales, el sentimiento de pertenencia a una comunidad o minimizar el aprendizaje de nuevos espacios urbanos (Sun & Manson, 2012). Aunque la movilidad residencial intraurbana ha sido poco investigada (Bayona-Carrasco, 2011), estudios empíricos han documentado el tipo e intensidad de la influencia de diferentes factores que impulsan o limitan la movilidad residencial intraurbana. Entre otros, los cambios de residencia se han relacionado con la dinámica y políticas de los mercados de la vivienda (Andrews & Caldera Sánchez, 2011; Van der Vlist, Czamanski & Folmer, 2011), el estatus socioeconómico de los sujetos que cambian de residencia, las características del entorno (Bible & Brown, 1981; Brown & Moore, 1970; Brummel, 1977), la mejora de la accesibilidad al trabajo o a los servicios y equipamientos públicos (Morris, Manley & Sabel, 2018), las oportunidades de inversión o cambios en el estilo de vida (Méndez & Gayo, 2019), con razones emocionales (Raulin, 2014; Villani, 2014) o por vínculos familiares (Tosi, 2017) y otros factores.

También se han publicado investigaciones sobre las características, impacto y pautas de movilidad residencial de grupos específicos de migrantes extranjeros (Thiers-Quintana & Gil-Alonso, 2019; Zhong & Beltrán, 2020; Bayona-Carrasco, 2011; Bayona-Carrasco & López-Gay, 2011) y demostrado la existencia

de diferencias espaciales en la movilidad residencial de personas blancas y negras (Freeman & Sunshine, 1976) y entre migrantes y no migrantes (Jia & Lei, 2019). Sin embargo, han sido poco estudiados los tipos espaciales de movilidad residencial (Torrado, 2020) y las configuraciones territoriales de la movilidad residencial intraurbana. Estos trabajos han permitido identificar patrones espaciales de cambios de residencia agregados a diferentes escalas (White, 1985), caracterizar los impactos de la movilidad residencial, identificar áreas y estructuras socioespaciales (Bayona-Carrasco & Gil-Alonso, 2012), así como relacionar la localización de origen y destino de los movimientos residenciales con otros factores del proceso de decisión (Brown & Moore, 1970; Quigley & Weinberg, 1977). La distancia y dirección de los cambios de residencia han sido las principales variables espaciales estudiadas. Los resultados muestran, de forma consistente, que la mayor parte de los cambios de residencia se producen a corta distancia y que la dirección predominante es hacia la periferia de las ciudades (Potrykowska, 1993; Trépanier, 1978; Bayona i Carrasco & Pujadas Rúbies, 2010).

En esta línea, la presente investigación aborda el estudio de la estructura y de los patrones espaciales de la movilidad residencial de los españoles y de los extranjeros en la ciudad de Zaragoza (España) entre 2003 y 2017, con enfoque, métodos y unidades espaciales diferentes de los estudios citados.

La utilización de las categorías «españoles» y «extranjeros» y el período estudiado se fundamentan del modo siguiente. Por un lado, varios trabajos citados (Bayona-Carrasco, 2011; Bayona-Carrasco & López-Gay, 2011; Bayona-Carrasco & Gil-Alonso, 2012) utilizan estas categorías para demostrar que existen diferencias en las características y efectos de la movilidad residencial entre ambos grupos. Por otro, se puede aceptar que la movilidad residencial del grupo de españoles y la de los extranjeros presentará, con elevada probabilidad, patrones espaciales diferentes puesto que las características demográficas (estructura por edades, composición de los hogares), sociales, económicas, culturales y otros factores que influyen en las decisiones de cambio de residencia, lo hacen de manera distinta en ambos grupos. Este supuesto se puede aplicar también a los inmigrantes de cada continente o nacionalidad, pero lo que aquí se pretende es comprobar si el hecho de ser español o extranjero se refleja de forma consistente en diferencias en el modo de organización y en los espacios de la movilidad residencial de ambos grupos, para avanzar, como línea de trabajo futura, en la investigación de la movilidad residencial de grupos específicos de inmigrantes extranjeros (nacionalidad, edad, etc.). El período seleccionado corresponde a una etapa demográfica y urbanística expansiva, que se inicia con las transformaciones asociadas a la llegada de la Alta Velocidad Ferroviaria en 2002 (AVE) (Alonso Logroño & Bellet Sanfeliu, 2009) y continúa con desarrollos asociados a la Exposición Internacional (2008) (Gómez Bahillo & Sanaú Villarroya, 2009) y otros grandes proyectos. La duración de quince años se considera tiempo suficiente para identificar tendencias espaciales significativas de la movilidad residencial.

La organización espacial de la movilidad residencial se conceptúa aquí como un conjunto relacional de lugares conectados por las trayectorias de origen y destino de los cambios de residencia. La intensidad de los flujos de cambio de residencia entre estos lugares define los territorios de la movilidad residencial. La emergencia de la organización espacial de la movilidad residencial se fundamenta en dos supuestos: i) el de autocorrelación espacial, es decir, los cambios residenciales entre espacios próximos tienen alta probabilidad de presentar propiedades similares, y ii) el de *homophily*, que permite aceptar que los cambios de residencia de personas con estándares sociales parecidos (estatus económico, nivel educativo, modelo familiar, etc.) es muy probable que muestren patrones espaciales semejantes, independientemente de su residencia actual.

El método aplicado combina el análisis espacial y el análisis de redes geosociales para identificar la organización espacial de la movilidad. Las técnicas del análisis de redes geosociales solo se han aplicado de forma excepcional a datos de movilidad residencial intraurbana (Sun & Manson, 2012) a pesar de su gran potencial para explicar procesos socioespaciales (Andris, Liu & Ferreira, 2018; Ducruet & Beauguette, 2014; Liu, Hollister & Andris, 2018; Luo & MacEachren, 2014).

Con este contexto, cabe preguntarse por las similitudes y diferencias de los patrones espaciales de la movilidad residencial de los españoles y extranjeros en el marco de los procesos simultáneos de expansión y fragmentación física, social y funcional detectados en la periferia y centro urbano (Escolano-Utrilla, López-Escolano & Pueyo-Campos, 2018). Este objetivo comprende dos ámbitos de análisis conectados:

- i) El correspondiente a la organización espacial y funcional de la movilidad residencial de españoles y extranjeros a varias escalas en el período 2003-2017. Para este fin se analizará: a) el grado de concentración espacial de los orígenes y destinos de los cambios de residencia (*centralidad-hub*);

b) forma de los flujos mutuos entre secciones (ciclos); c) los tipos espaciales de movilidad definidos por áreas socioespaciales de origen y destino de los flujos migratorios y d) el modelo de distribución de las distancias de los cambios de residencia.

- ii) El relativo a la configuración espacial de los territorios de la movilidad residencial de ambos grupos, que resultan de las conexiones entre las secciones de origen y destino del cambio de residencia (módulos, agrupamientos o clústeres).

Este trabajo pretende contribuir a mejorar el conocimiento de la movilidad residencial entendida como un fenómeno socioespacial relacional que puede modelarse mediante redes geosociales (socioespaciales) que son expresión y resultado, al mismo tiempo, de procesos sociales y espaciales específicos. Por otra parte, la delimitación de áreas en función de la movilidad residencial es una aportación útil en sí misma, pues supone la aplicación de criterios dinámicos para explorar la estructura socioespacial de las ciudades frente al uso tradicional de atributos estáticos (Sun & Manson, 2012). Esta información también es relevante para la formulación de políticas públicas en las principales áreas de la planificación y gobernanza urbanas.

El resto del artículo está organizado del modo siguiente. En la segunda sección se describe la metodología, incluyendo las fuentes de datos y métodos empleados junto a las características del área de estudio—la ciudad de Zaragoza—. A continuación, se presentan los resultados obtenidos. Después, se discuten y explican los resultados. Finalmente, se exponen las conclusiones y se proponen líneas de investigación futuras.

2. Metodología

2.1. Datos y métodos

Los datos utilizados en esta investigación expresan el número de personas empadronadas en 2017 en Zaragoza que han cambiado de sección censal de residencia dentro del municipio de Zaragoza respecto de la sección en la que residían en 2003. Se han obtenido a partir de la agregación de los cambios de residencia individuales registrados en el Padrón Municipal de Habitantes. De cada cambio de residencia se ha registrado la nacionalidad y el sexo. Las unidades de análisis son, pues, los flujos de personas españolas y extranjeras y las secciones censales.

En la mayor parte de los estudios de movilidad residencial se han analizado los patrones territoriales de la movilidad residencial a partir de balances y tasas calculados para unidades espaciales administrativas (generalmente municipios) o macroáreas como las coronas metropolitanas u otras unidades como los *barrios*. En este estudio se han utilizado unidades espaciales de bastante resolución, secciones censales, y se han identificado las configuraciones espaciales de la movilidad residencial, a varias escalas, definidas por la intensidad de los intercambios residenciales entre las secciones.

La considerable resolución espacial de las secciones censales hace que sean unidades espaciales muy apropiadas para el estudio, a mesoescala, de la movilidad residencial en las ciudades españolas. Esta fuente es bastante fidedigna, ya que el empadronamiento es un requisito para recibir diversas prestaciones sociales, sanitarias y educativas. La localización del origen y destino de los cambios de residencia registrados es muy exacta y precisa. Se ha variado la delimitación de varias secciones censales para homogeneizar los datos de 2003 y 2017.

A esta información se le ha aplicado los procedimientos necesarios para alcanzar los objetivos, en una secuencia lógica que comprende dos fases: a) elaboración de las redes socioespaciales de la movilidad de los españoles y extranjeros y b) análisis, a varias escalas, de la organización funcional y espacial de la movilidad de ambos grupos.

Con los flujos de la movilidad residencial por secciones censales se han formado dos matrices origen-destino que recogen los cambios de residencia entre cada una de las 487 secciones. A partir de cada matriz se ha elaborado una red geoespacial para cada grupo del estudio en la que los nodos representan a las secciones y su localización (los centroides de las secciones) y las aristas (conexiones) simbolizan la dirección, origen-destino y la magnitud de los cambios residenciales entre los nodos. Los nodos contienen información espacial y temática. Esta estructura de datos constituye el modelo de la movilidad residencial de los españoles y extranjeros.

La organización funcional y espacial de la movilidad residencial se ha caracterizado por varios indicadores agrupados en dos niveles: en primer lugar, se analiza la función de cada sección (nodo) en

el conjunto de la red (valor de *centralidad-hub*, formación de ciclos o circuitos, tipologías espaciales y distancias de los cambios de residencia); después, se delimita la configuración funcional y territorial de los flujos de la movilidad residencial mediante la identificación de los módulos de la red de flujos de movilidad residencial (clústeres, agrupamientos).

Para describir la estructura de las redes se han seleccionado un indicador de centralidad y otro de conexión entre nodos por su utilidad para los objetivos del trabajo. El primero es la *centralidad-hub*, que se estima a partir de la *centralidad eigenvector*. Un nodo (centroide de sección) con valor de *centralidad-hub* elevado indica que sus conexiones hacia afuera (personas que dejan de residir en esa sección) se dirigen a nodos que tiene valores altos de conexiones hacia dentro (personas que fijan su residencia en esa comuna), es decir, que las secciones con elevados valores de *centralidad-hub* actúan como distribuidoras de la movilidad residencial. La *centralidad-hub* se ha calculado con el programa *ORA Net-Scenes* (Carley, 2017) del modo siguiente:

Centralidad eigenvector: vector combinado de todos los valores escalados V_k de una red. Sean: A una red unimodal de N nodos; K el número de componentes de la red A; N_k nodos del componente k th; V_k *eigenvector* dominante de la subred inducida por los nodos N_k . Se escalan los valores V_k multiplicándolos por N_k/N (Bonacich, 1972). *Centralidad-hub*: *centralidad eigenvector* de la red A^*A ; (Min =0; Max. =1) (Kleinberg, 1998).

Los ciclos son conjuntos de nodos de tal forma que para cada nodo existe una ruta de retorno a ese nodo (por ejemplo, del nodo A al B, del B al C, del C al A). Los ciclos se corresponden con grupos de secciones con intercambios mutuos de residentes.

A escala metropolitana, Torrado (2020) distingue tres formas principales de movilidad residencial, cada una con implicaciones propias en los procesos de reconfiguración metropolitana: los movimientos de suburbanización, que se producen entre el centro y la franja externa de crecimiento metropolitano; los de centralización, desde la corona exterior hacia la ciudad central; y la movilidad entre los municipios de la corona. A estas tres formas de movilidad residencial, que nos parece adecuado mantener en el caso de Zaragoza, se han añadido otras, que surgen de los cambios de residencia entre los ámbitos socioespaciales delimitados. En consecuencia, se han identificado los siguientes tipos de movilidad: a) movimientos de centralización: los que se dirigen al centro desde las demás áreas; b) movimientos internos del área central (algunos de recentralización): tienen su origen y destino en el centro; c) movimientos internos en los barrios (c1, de la margen derecha; c2, de la margen izquierda); d) movimientos entre barrios de la margen derecha e izquierda; e) movimientos de suburbanización: son los que tienen como destino las periferias y su origen en las demás áreas; f) movimientos internos en las áreas suburbanas: son los que se producen dentro y entre las periferias.

Las distancias de los cambios de residencia se han estimado a partir de la distancia euclidiana que separa los centroides (nodos) de cada sección. La distribución nula de las distancias (H_0) se ha calculado también con distancias euclidianas en el supuesto de que la población de cada sección se desplaza a todas las demás secciones. El ajuste de las distribuciones empíricas a una distribución teórica se ha llevado a cabo con el programa *XLSTATS* (como complemento de *Excel*) por el procedimiento de máxima verosimilitud. El análisis espacial y la cartografía se han realizado con el programa *ArcGIS 10.5* (ESRI).

Finalmente, entre los diversos métodos de detección de la composición en módulos (agrupamientos, clústeres) en redes complejas (Malliaros & Vazirgiannis, 2013), se ha optado por el algoritmo de agrupamiento jerárquico de nodos basado en la optimización de una función de ajuste local (OSLDM), que expresa la significación estadística de los agrupamientos respecto de fluctuaciones aleatorias (Lancichinetti, Radicchi, Ramasco & Fortunato, 2011). Este método es muy apropiado a las características de las redes aquí estudiadas, ya que puede aplicarse a redes con dirección (*directed networks*) y con conexiones ponderadas por pesos (los flujos de movilidad), detecta niveles jerárquicos, la pertenencia de nodos a varios agrupamientos, identifica clústeres de diversas configuraciones y deja sin clasificar aquellos nodos que reparten sus flujos de forma equitativa entre el resto de los clústeres. Este algoritmo se ha utilizado para delimitar clústeres funcionales y espaciales definidos por los flujos de trabajo diario en el Reino Unido (Ratti *et al.*, 2010). Los cálculos se han llevado a cabo con el programa *Cytoscape 3.7* (Shannon *et al.*, 2003).

El índice E-I es un indicador normalizado de la cohesión de cada módulo que expresa la proporción de intercambios de residencia entre las secciones del mismo módulo (conexiones internas: I) y los intercambios de residencia entre secciones que forman parte de otros módulos (conexiones externas: E). Su ecuación se puede generalizar para utilizar los pesos (migrantes: w) de las conexiones:

$$E-I = (E_w - I_w) / (E_w + I_w)$$

Su valor varía entre -1 (todas las conexiones son internas, es un grupo aislado) hasta 1 (todas las aristas son externas); mientras que el valor 0 indica el mismo número de aristas internas y externas (o idénticos flujos de movilidad residencial entre las secciones del mismo módulo y entre estas y las de los restantes módulos).

La aplicación de esta metodología ha permitido delimitar agrupamientos que desvelan diferentes niveles de organización funcional y espacial de los cambios residenciales e, indirectamente, la actuación de factores subyacentes que generan las interacciones, dentro de cada clúster y con los restantes.

Tanto los datos como los métodos utilizados presentan ciertas limitaciones. En primer lugar, es necesario advertir que los datos subestiman la movilidad residencial entre los dos años de referencia, pues algunas personas han podido mudarse de domicilio varias veces; tampoco se ha contabilizado los cambios de residencia dentro de la misma sección. Estimamos, no obstante, que la muestra con la que trabajamos es suficiente para identificar y delimitar los patrones de la movilidad residencial en el período estudiado. Por otro lado, existen múltiples métodos para delimitar y jerarquizar las áreas de movilidad (clusterización). Por esta razón, se han aplicado varios procedimientos de agrupamiento (Moduland; Szalay-Beko *et al.*, 2012) que han producido resultados ligeramente diferentes a los presentados aquí, pero en todos los casos muestran la existencia de patrones y jerarquías espacialmente coherentes.

2.2. Caracterización del área de estudio

La ciudad de Zaragoza ha experimentado profundas transformaciones de su geografía social, espacial y funcional durante los años transcurridos del siglo XXI. La población ha registrado un crecimiento del 9,5% en el periodo de estudio 2003-2017, y roza los 700.000 habitantes en 2017. El crecimiento del contingente de extranjeros ha sido mayor, pues su número se ha duplicado durante el quinquenio de estudio (43.040 habitantes en 2003 y 93.129 en 2017), registrando un crecimiento del 116,4%, mientras que en el mismo periodo la población española únicamente aumenta en 6.892 personas. Una evolución similar se observa en el conjunto de España para el mismo período, cuando la población total crece un 8,3% y la población extranjera lo hace en un 41,7%⁴, aunque es una cifra menos elevada que la registrada en Zaragoza. Sin embargo, este incremento demográfico ha sido desigual en el tiempo y en el espacio de acuerdo con los ciclos económicos y migratorios: i) un periodo inicial (2003-2008) de expansión demográfica y urbana orientada hacia la dispersión en la periferia (Callizo-Soneiro, 2017; De Miguel González, 2015) y ii) otro ciclo posterior (2008-2017) de reorganización interior y escaso desarrollo urbano y estabilidad de la población como en otras ciudades españolas (Martori, Madariaga & Oller, 2016).

En conjunto, Zaragoza presenta algunas características de ciudad intermedia a escala espacial y demográfica: escala humana que permite el conocimiento y experiencia personal de gran parte del espacio urbano; tamaño de población intermedio en relación a las ciudades del país; composición de la población semejante a la media nacional; rango relevante en el entramado político-administrativo del país; procesos metropolitanos a escala moderada; procesos de suburbanización, dispersión y fragmentación espacial (Escolano-Utrilla *et al.*, 2018); creación de centralidades en la periferia; buena calidad media de vida; o fácil acceso al centro urbano caminando o en transporte público para gran parte de la población (Arranz-López, Soria-Lara, López-Escolano & Pueyo Campos, 2017).

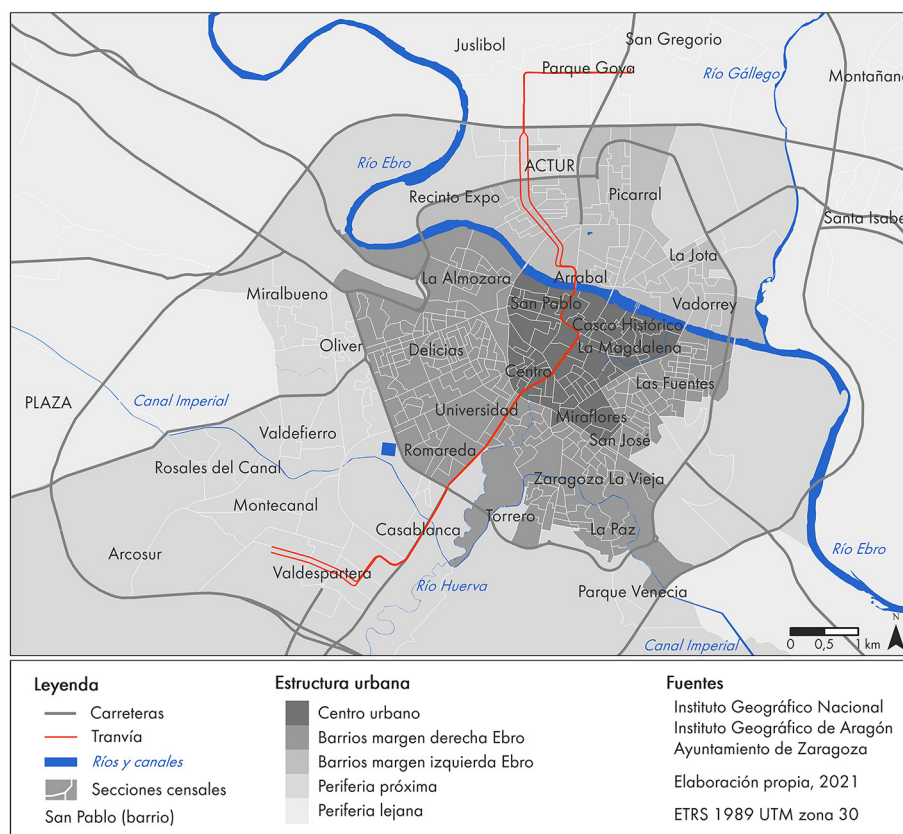
En Zaragoza, las migraciones centro-periferia han sido el vector principal de la redistribución de la población en los últimos años (42.318 nuevas viviendas construidas entre 2003 y 2017, IAEST) debido a la disponibilidad de suelo para urbanizar en torno a la ciudad compacta, lo que ha limitado la dispersión de población en otros municipios del área metropolitana respecto a lo sucedido en otras ciudades españolas (Jiménez, Hidalgo, Campesino & Alvarado, 2018). Hasta estos espacios se ha trasladado mayoritariamente población joven en edad de emancipación procedente de los barrios centrales de la ciudad con estatus socioeconómico medio-alto, mientras que una parte muy significativa de la población de origen extranjero se ha asentado en barrios centrales donde el envejecimiento ha dejado libres numerosas viviendas económicamente más accesibles, y más deterioradas, frente a las nuevas ubicadas en la periferia (Ebrópolis, 2019).

4 Instituto Nacional de Estadística, Estadística del Padrón Continuo.

La ciudad actual se puede caracterizar por cinco grandes tipos socioespaciales, que se utilizan exclusivamente con fines de descripción e interpretación; son las siguientes: i) Centro urbano: comprende el espacio situado entre el río Ebro y el primer cinturón (muralla medieval) incluyendo el Casco Histórico, así como los ensanches más nobles; aquí se localiza el principal entorno comercial y de negocios de la ciudad; ii) Barrios populares de la margen derecha del río Ebro: se desarrollan entre el centro histórico hasta el cinturón Z-30, también se incluyen los barrios tradicionales del «extrarradio», Oliver y Valdefierro; iii) Barrios populares de la margen izquierda del río Ebro: conforman un espacio cercano al centro urbano entre el río Ebro y el cinturón Z-30; iv) Periferia próxima: corresponde al espacio urbano desarrollado entre los cinturones Z-30 y Z-40, caracterizado por su notable fragmentación espacial, la presencia de condominios de clase alta y la mezcla de usos del suelo y de densidades; y v) Periferia lejana: designa al espacio urbano construido entre el cinturón Z-40 y los límites del municipio. Sus características son similares a las del tipo anterior y además añade algunos núcleos rurales tradicionales.

Finalmente, la expresión “espacio urbano tradicional” se emplea aquí para designar a la ciudad existente hasta mediados de la década de 1980, es decir, aproximadamente el espacio comprendido dentro del cinturón Z-30 y los barrios Oliver y Valdefierro.

Figura. 1. Estructura urbana de la ciudad de Zaragoza



Fuente: Padrones Municipales de Habitantes del Ayuntamiento de Zaragoza. Elaboración propia

3. Resultados

En 2017, más de 150.000 personas habían cambiado su domicilio a otra sección censal del municipio de Zaragoza respecto de la que habitaban en 2003, la mayor parte de las cuales (87%) tenían nacionalidad española y el resto extranjera, lo que supone alrededor del 23% de la población total de 2003. Si bien, como se recoge en la tabla 1, los valores relativos de esta variación residencial intraurbana son similares para ambos grupos de estudio, se observa que la proporción de personas que permanecen en la misma sección es considerablemente más elevada en el caso de los españoles (55,3%) que en el de los extranjeros (7,1%). Ambos hechos indican que buena parte de la movilidad residencial de los extranjeros se ha dirigido a otros lugares fuera del municipio de Zaragoza.

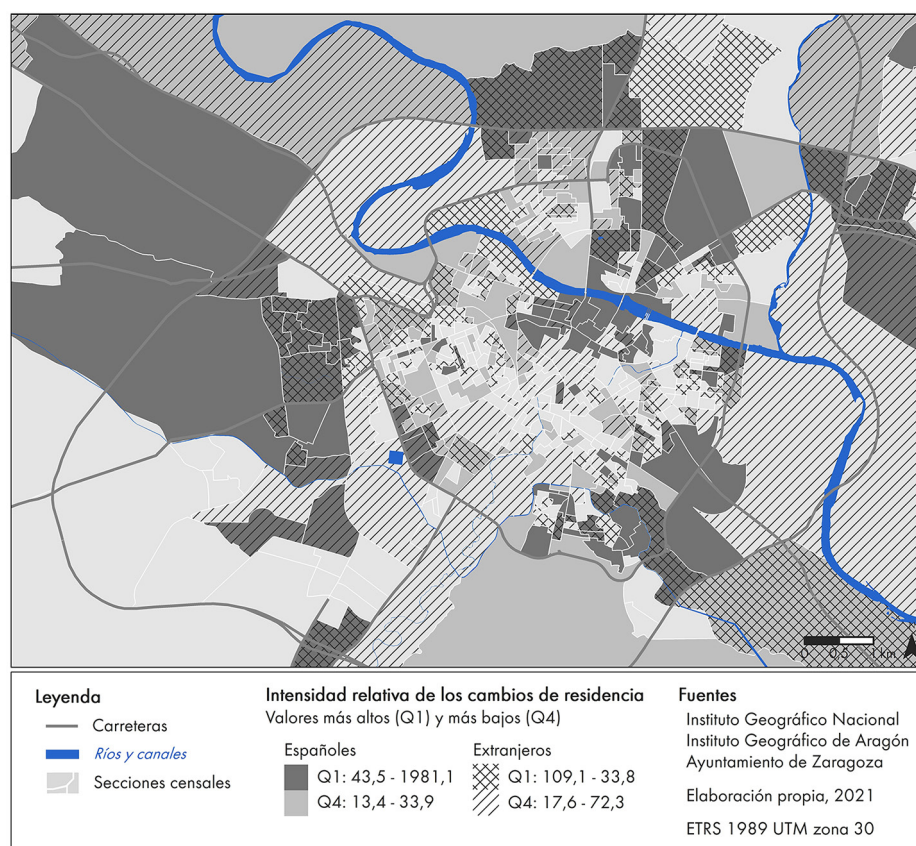
Tabla 1. Principales indicadores de la movilidad residencial intraurbana de los españoles y de los extranjeros en Zaragoza, 2003-2017

	Españoles	Extranjeros	Total
Población total, 2003	598.541	43.040	641.581
Población total, 2017	605.620	94.084	699.704
Cambio de sección de residencia entre 2003 y 2017 (personas)	130.888	19.587	150.475
Permanecen en la misma sección entre 2003 y 2017 (personas)	325.082	6.214	331.229
Número de secciones			487
Número de secciones con balance migratorio neto (inmigrantes-emigrantes) positivo	118	258	
Número de secciones con balance migratorio neto (inmigrantes-emigrantes) negativo	371	220	
Número de conexiones entre secciones	59.313	11.757	
Personas/conexión promedio; mínimo; máximo	2,2; 1; 279	1,66; 1; 30	

Fuente: Padrones Municipales de Habitantes del Ayuntamiento de Zaragoza. Elaboración propia

La intensidad relativa de los cambios de residencia presenta patrones idénticos a los de los flujos absolutos: en el caso de los españoles los valores más elevados corresponden a secciones de la periferia, las zonas de expansión de los barrios de la margen izquierda del Ebro y algunas del área central (los espacios más renovados del Casco Histórico) y en el de los extranjeros a determinadas secciones del Casco Histórico (San Pablo) y de los centros de los barrios (especialmente de Delicias, Las Fuentes y San José) (Figura 2).

Figura. 2. Intensidad relativa de los cambios de residencia por secciones censales de españoles y extranjeros en Zaragoza, 2013-2017

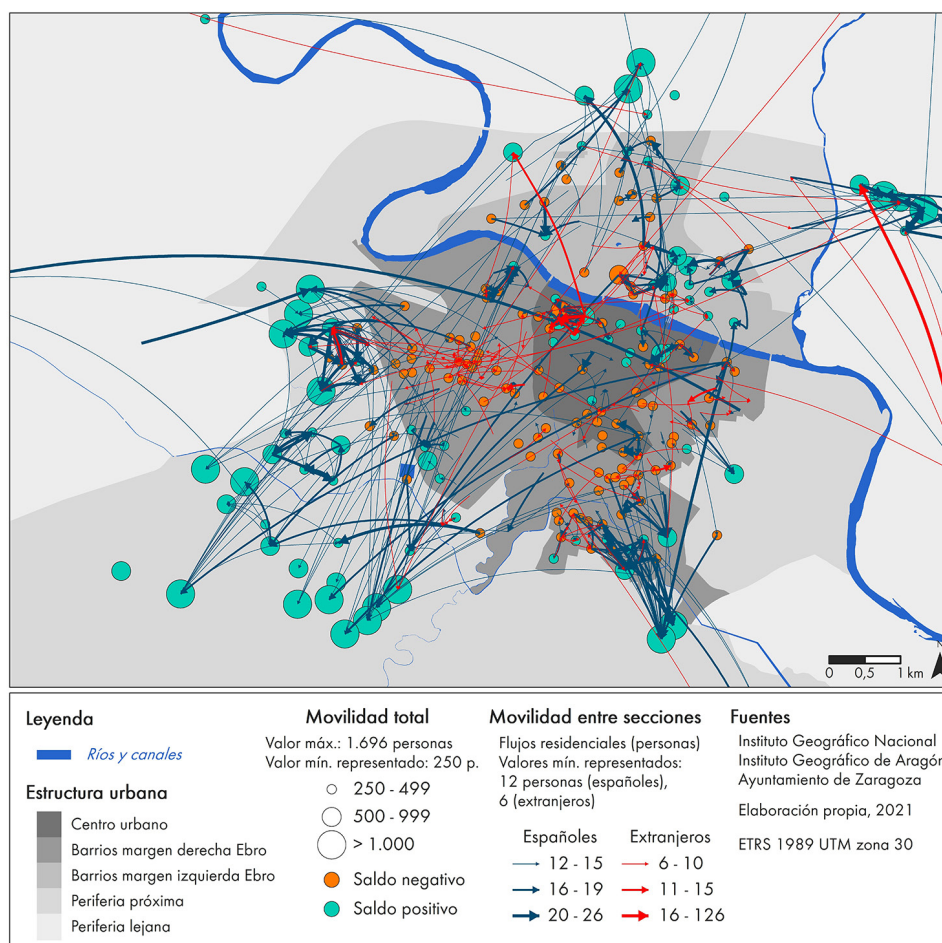


Fuente: Padrones Municipales de Habitantes del Ayuntamiento de Zaragoza. Elaboración propia

Las redes de movilidad de ambos grupos son diferentes en tamaño, definido por el número de nodos y conexiones, así como en el valor medio de los flujos de movilidad, debido a que el número total de migrantes residenciales del grupo de españoles es muy superior al del grupo de extranjeros.

El mapa de la Figura 3 muestra que el grueso de los flujos de la movilidad residencial de ambos grupos se despliega en espacios diferentes: los barrios al sur de la ciudad para los españoles y los espacios del centro urbano para los extranjeros, con concentraciones significativas para ambos grupos en determinados sectores de la periferia de la ciudad. Los balances netos positivos de la movilidad presentan una distribución claramente periférica.

Figura. 3. Flujos residenciales de españoles y extranjeros en Zaragoza, 2013-2017 (mayores de 10 migrantes españoles y mayores de 5 migrantes extranjeros)



Fuente: Padrones Municipales de Habitantes del Ayuntamiento de Zaragoza. Elaboración propia

En el mapa se aprecia que la distribución espacial de la movilidad residencial no es ni homogénea ni aleatoria, pues presenta sectores con densidades diferentes de cambios de residencia que generan grupos y subgrupos jerarquizados de secciones censales que configuran territorios de movilidad residencial a varias escalas.

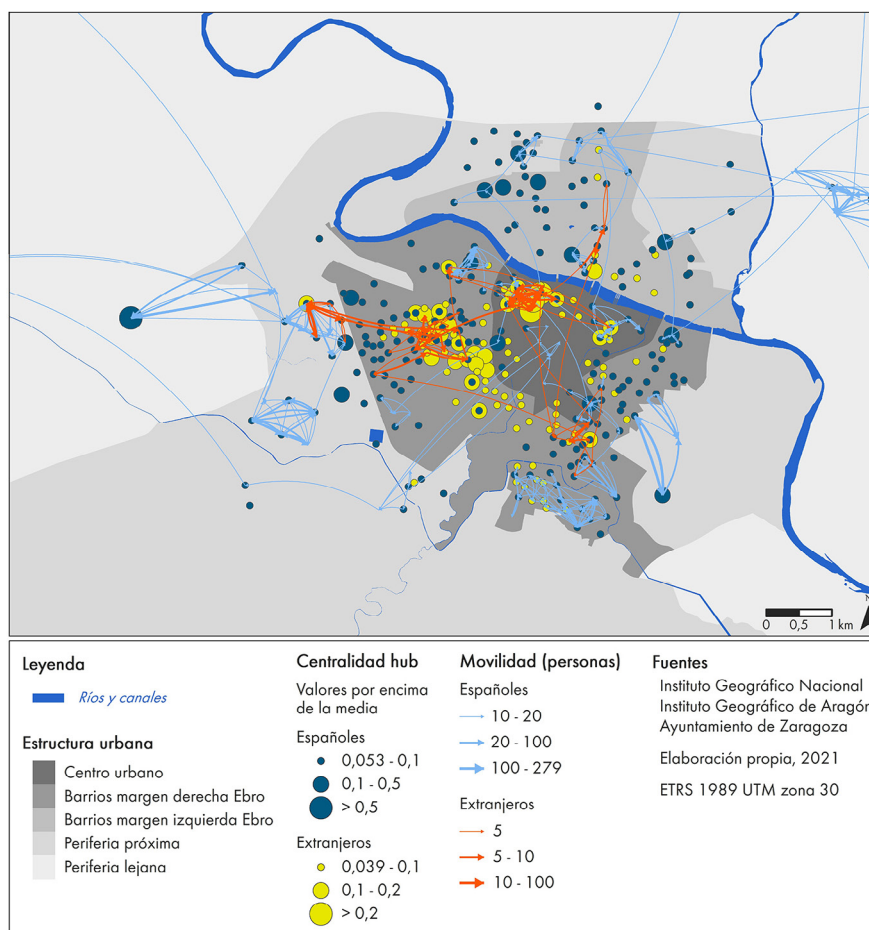
Para describir la organización espacial de la movilidad residencial se ha seguido un procedimiento de abajo-arriba: en primer lugar, se estima la funcionalidad de cada sección en el conjunto de la red mediante sus valores de centralidad; después se examinan las conexiones mutuas entre secciones mediante la cuantificación de un patrón de interconexión (motivo); a continuación, se elaboran las tipologías espaciales de la movilidad residencial y se modela la distribución de las distancias que separan la residencia habitual de la nueva. Finalmente, a partir de la configuración de la red de flujos origen-destino y su intensidad se delimitan los territorios de la movilidad residencial a partir de los agrupamientos (clústeres) de los nodos (secciones) de las redes de movilidad.

3.1. Diferencias y similitudes de las redes de movilidad residencial de los españoles y extranjeros

La *centralidad-hub* mide la capacidad de cada sección en el conjunto de la red de flujos como centro de distribución de la movilidad: de las secciones con elevada *centralidad-hub* salen residentes que se dirigen a otras secciones a las que también llegan bastantes nuevos residentes. La estructura de la distribución estadística de la *centralidad-hub* es similar en ambos grupos de estudio, aunque los valores más elevados se reparten de forma más equitativa en el caso de los extranjeros, pues son 23 las secciones que están por encima de 1,5 desviación típica (suman el 21,3% de la *centralidad-hub* total) frente a las 6 secciones de los españoles (suman el 4,6% de la *centralidad-hub* total). Esta distribución traduce el hecho de que los destinos de la movilidad residencial de los españoles están más concentrados que los de los extranjeros. En cambio, la distribución espacial de estos valores difiere notablemente entre el grupo de españoles y el de extranjeros, como se representa en el mapa de la Figura 2: en el caso de los españoles las secciones distribuidoras se localizan en la periferia mientras que la de los extranjeros se ubican en el centro y en los barrios de la margen derecha.

Los ciclos —circuitos— son configuraciones espaciales y funcionales constituidas por secciones con fuertes intercambios de movilidad residencial. Si bien desde el punto de vista estadístico la presencia de ciclos en ambas redes tiene una proporción similar, la localización y agrupación espacial de los ciclos difieren en ambos grupos. En el caso del grupo de españoles los ciclos más importantes forman agrupaciones complejas situadas en las periferias, distante (barrios de Santa Isabel, Montañana, San Juan de Mozarrifar, Miralbueno y urbanizaciones del noreste) y cercana (barrios Oliver y Valdefierro) y en los barrios de la margen derecha (Torreo-La Paz-Zaragoza La Vieja). En el caso de los extranjeros, los ciclos más importantes se localizan en el centro (barrio de San Pablo) y los barrios de la margen derecha Delicias y Oliver (Figura 4).

Figura 4. *Centralidad-hub* y ciclos de la movilidad residencial de los españoles y extranjeros, 2003-2017



Fuente: Padrones Municipales de Habitantes del Ayuntamiento de Zaragoza. Elaboración propia

Como se ha indicado en la metodología, los tipos de movilidad residencial se han construido a partir de los cambios de residencia entre cinco grandes áreas socioespaciales en que se ha dividido la ciudad. La propensión de los residentes de cada área para cambiar de domicilio a otras áreas varía, tanto en caso de los extranjeros como en el de los españoles. Así, se observa que, en el grupo de españoles, más de la mitad de los cambios de domicilio externos con origen en los barrios de la margen derecha se dirigen a la periferia próxima; también se producen fuertes intercambios mutuos de estos barrios con el centro (Tabla 3). En el grupo de extranjeros destacan la importancia de los barrios de la margen derecha y del centro, por la movilidad interna en cada área y por los fuertes intercambios entre ambas. A la periferia próxima también llegan residentes, en particular a los barrios Oliver y Valdefierro, que proceden del barrio vecino de Delicias (margen derecha) (Tabla 2).

Tabla 2. Movilidad residencial entre áreas socioespaciales, 2003-2017

De -> a		1. Barrios margen derecha	2. Barrios margen izquierda	3. Centro	4. Periferia próxima	5. Periferia lejana	Total (salen)
Españoles	1	29.975	5.787	6.710	20.189	5.296	37.982
	2	2.858	6.566	1.544	4.864	3.112	12.378
	3	5.908	2.005	6.851	4.089	1.430	13.432
	4	3.999	1.880	1.470	7.387	1.742	9.091
	5	1.334	786	826	1.720	2.561	4.666
	Total (entran)	14.099	10.458	10.550	30.862	11.580	77.549
Extranjeros	1	8.195	849	1.195	1.281	425	3.750
	2	689	631	202	204	99	1.194
	3	1.960	402	975	402	148	2.912
	4	625	163	113	377	55	956
	5	204	77	73	75	168	429
	Total (entran)	3.478	1.491	1.583	1.962	727	9.241

Fuente: Padrones Municipales de Habitantes del Ayuntamiento de Zaragoza. Elaboración propia

Los tipos de movilidad espacial también presentan diferencias entre el grupo de españoles y el de extranjeros. En ambos grupos los dos tipos de movilidad principales coinciden, pero el orden es diferente: en el caso de los españoles predominan los movimientos de suburbanización seguidos de los movimientos internos en los barrios de la margen derecha, mientras que en el de los extranjeros destacan los cambios de domicilio en los barrios de la margen derecha; la segunda opción, a gran distancia, corresponde a los movimientos de suburbanización. Los movimientos de centralización tienen el mismo peso en los españoles y extranjeros, pero se trata de flujos poco numerosos en ambos grupos (no suelen superar las 10 ó 5 personas para el grupo de españoles y extranjeros respectivamente) (Tabla 3 y Figura 5). En el grupo de españoles ha alcanzado cierta importancia los cambios residenciales en el espacio periurbano, lo que indica la consolidación de un activo mercado de viviendas nuevas en la periferia de la ciudad.

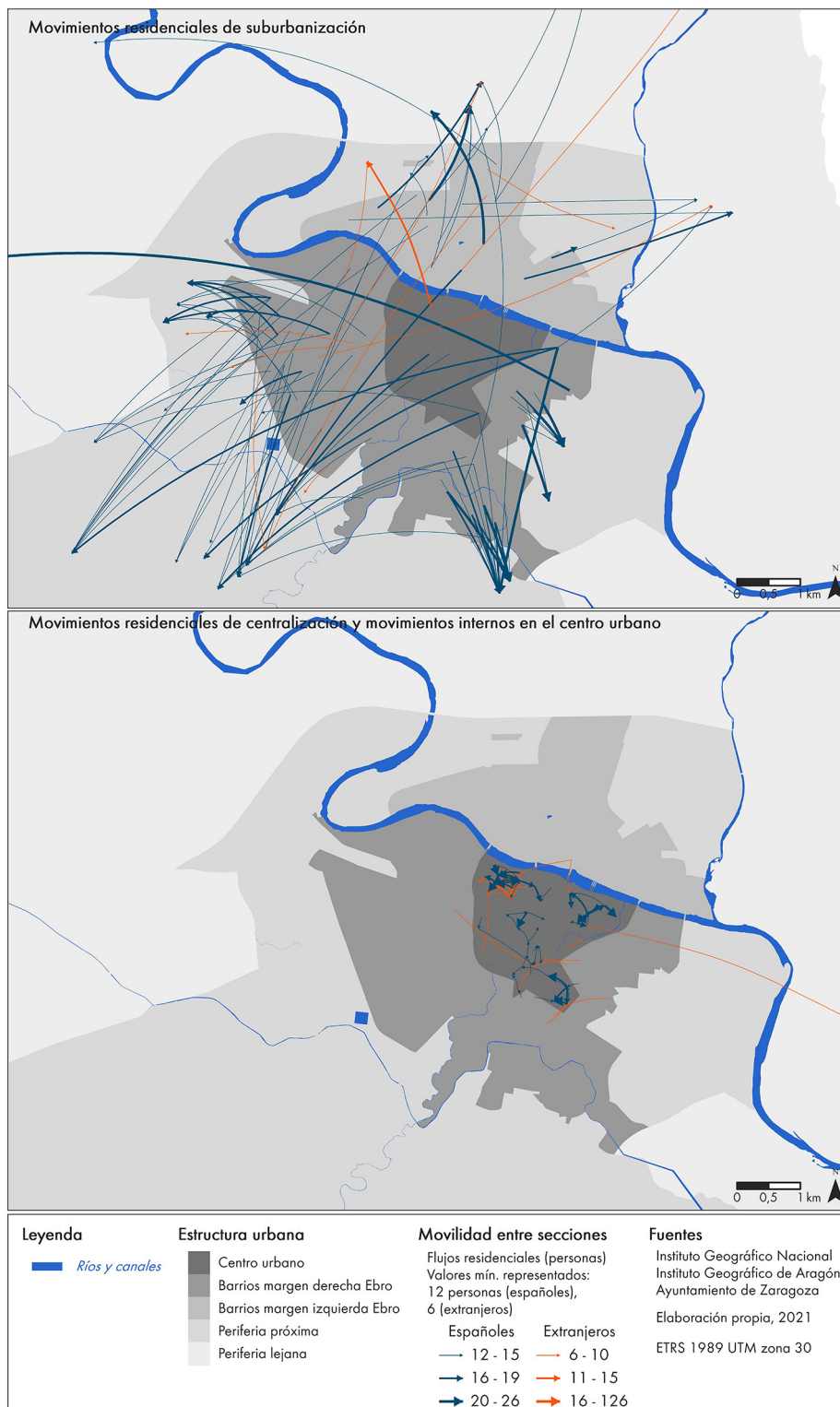
Tabla 3. Tipos espaciales de movilidad residencial de los españoles y extranjeros, 2003-2017

Movimientos	Españoles		Extranjeros	
	Absolutos	Proporción (%)	Absolutos	Proporción (%)
Centralización	10.550	8,1	1.583	8,1
Internos del área-central	6.851	5,2	975	5,0
Internos margen derecha	29.975	22,9	8.195	41,8
Internos margen izquierda	6.566	5,0	631	3,2
Entre barrios	8.645	6,6	1.538	7,9
Suburbanización	42.622	32,6	2.689	13,7
Entre periferias e internos de las periferias	13.410	10,2	675	3,4
Total	118.619	90,6	16.286	83,1

Nota: el total de los valores en porcentaje no suma 100 ya que algunos tipos de movimiento no se han incluido (movimientos de las periferias a los barrios; del centro a los barrios)

Fuente: Padrones Municipales de Habitantes del Ayuntamiento de Zaragoza. Elaboración propia

Figura 5. Movimientos residenciales de suburbanización, de centralización y movimientos internos en el centro urbano de los españoles y extranjeros, 2003-2017



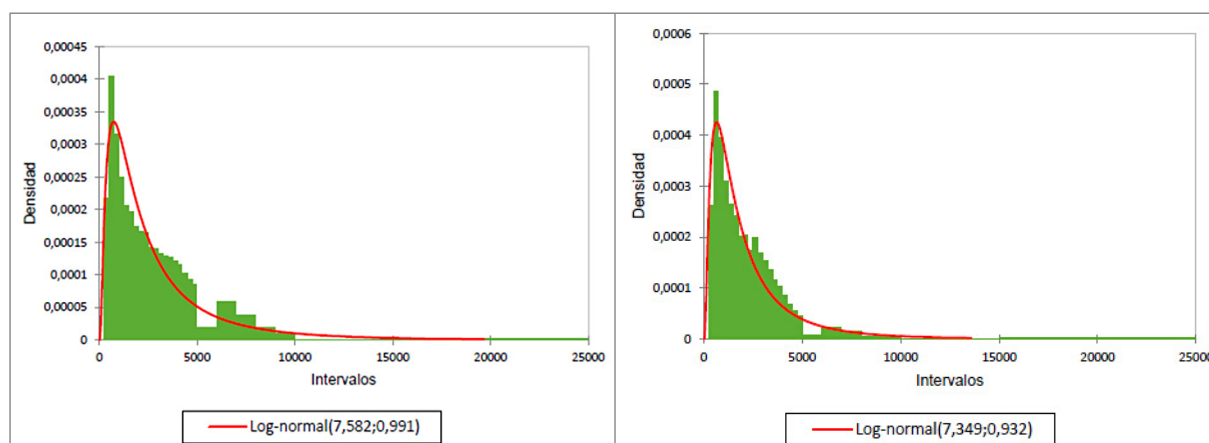
Fuente: Padrones Municipales de Habitantes del Ayuntamiento de Zaragoza. Elaboración propia

La distribución de las distancias de los cambios residenciales se aparta de la distribución nula (H_0 , formada por todas las distancias posibles entre las secciones), tanto en el grupo de españoles como en el de extranjeros (D de Kolmogorov-Smirnoff significativo al 0,05).

La mayor parte de los cambios de residencia se produce a distancias muy cortas del domicilio anterior: en ambos grupos, la frecuencia máxima corresponde al tramo de 250-500 m; hasta 1 km de distancia se produjo casi el 30% de la movilidad residencial de los españoles y algo más del 36% de la de los extranjeros; hasta 3 km se comprende el 63% de todos los cambios residenciales de los españoles y el 77% de los extranjeros. La proporción de cambios de residencia de los españoles a menos de 1 km está por encima de la proporción de la distribución nula, mientras que los traslados a mayor distancia están por debajo; en el caso de los extranjeros esta distancia crítica es de 1,5 km. Las distribuciones de los diferentes tipos espaciales de movimiento en relación con sus respectivas distribuciones nulas (H_0) son similares a esta tendencia general, excepto en los movimientos de suburbanización que presentan una estructura diferente, pues solamente algo más del 7% de los movimientos residenciales de este tipo están por debajo de los 3 km. Estos resultados se alinean con los obtenidos en otros estudios (Freeman & Sunshine, 1976; Potrykowska, 1993; Trépanier, 1978; Bayona i Carrasco & Pujadas Rúbies, 2010). No obstante, las distancias pueden variar de acuerdo con la resolución de las unidades espaciales utilizadas y con el tamaño físico de la ciudad.

En conjunto, las distribuciones de los cambios residenciales de los españoles y extranjeros según la distancia se ajustan muy bien a una función de distribución de densidad de probabilidad lognormal (Figura 6), lo que permite estimar, con gran fiabilidad, la probabilidad del flujo de movilidad residencial a diferentes distancias. Así, con una probabilidad del 95%, cabe esperar que la cuarta parte de los cambios de residencia de los españoles sea a menos de 1 km del domicilio actual, proporción que para esta distancia asciende al 32% en el caso de los extranjeros; hasta 3 km del domicilio actual se producirían dos tercios de los cambios de residencia de los españoles (66,5%) valor que asciende a las tres cuartas partes (76,0%) en el caso de los extranjeros.

Figura 6. Distribución de los flujos de movilidad residencial de los españoles (izquierda) y extranjeros (derecha) según su longitud y ajuste lognormal, 2003-2017



Fuente: Padrones Municipales de Habitantes del Ayuntamiento de Zaragoza. Elaboración propia

3.2. La organización espacial de los territorios de la movilidad residencial de los españoles y extranjeros

La división analítica de la red en módulos o grupos funcionales revela la organización de la red de flujos de la movilidad residencial y la similitud entre cada unidad (sección censal). Ambas redes poseen una estructura jerarquizada, compuesta por módulos o agrupamientos con notable cohesión interna debido a que los intercambios mutuos de residentes entre secciones del mismo módulo son bastante fuertes. La red de movilidad residencial de los españoles tiene mayor complejidad y un nivel jerárquico más que la de los extranjeros, ya que también los flujos residenciales de aquellos son mayores que los de estos.

La organización funcional se materializa en una configuración espacial diferente para ambos grupos estudiados (Tabla 4 y Figura 7). En el caso de los españoles, los agrupamientos del nivel 1 diferencian dos barrios rurales (Casetas y San Juan de Mozarrifar) del resto de la ciudad. Los clústeres de nivel 2 distinguen tres grandes áreas: dos al sur del río Ebro (margen derecha) y otra al norte de este río (margen izquierda).

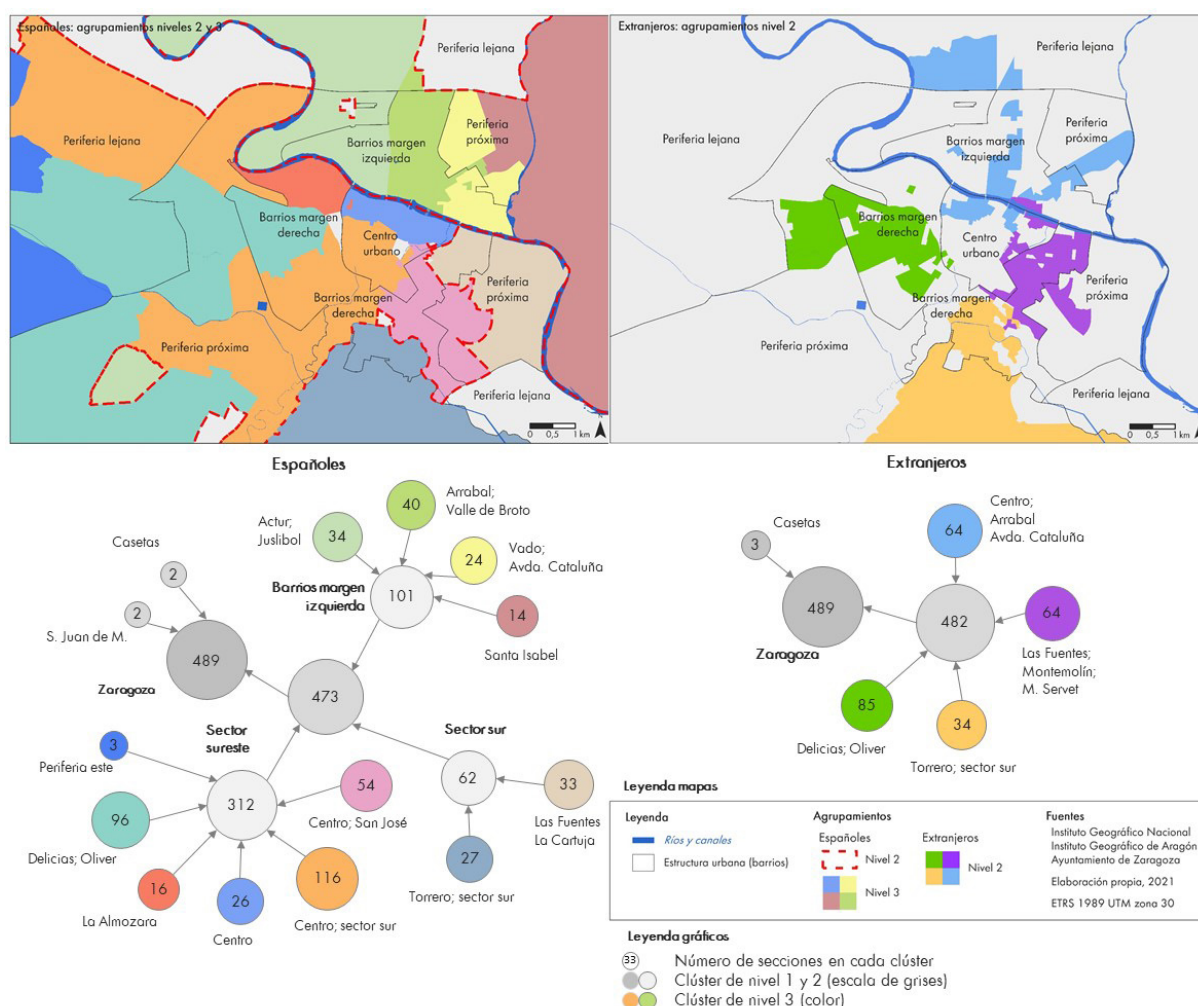
Las dos primeras compartimentan el espacio urbano en dos sectores que parten del centro, uno al este y otro hacia sur y oeste. La tercera ocupa el espacio urbano al norte del Ebro, excepto en las secciones no clasificadas, que son más abundantes en esta zona. El módulo más grande (el sector sureste, 312 secciones) muestra gran cohesión interna (índice E-I: -0,58) y fuertes intercambios con el clúster de la ribera norte.

Tabla 4. Algunas características de los módulos de la red de movilidad residencial de españoles y extranjeros de Zaragoza, 2003-2017

Españoles				Extranjeros			
Nivel	Módulos (clústeres)	Tamaño (min. -máx.)	E-I (min.; máx.)	Nivel	Módulos (clústeres)	Tamaño (min. -máx.)	E-I (min.; máx.)
0	1			0			
1	3	2 - 473	-0,04; 0,99	1	2	3 - 482	0,21; 0,99
2	3	62 - 312	-0,53; 0,27	2	4	34 - 8	-0,53; 0,17
3	12	3 - 116	-0,14; 0,52				

Fuente: Padrones Municipales de Habitantes del Ayuntamiento de Zaragoza. Elaboración propia

Figura 7. Agrupamientos funcionales y espaciales de la movilidad residencial y su estructura de los españoles y extranjeros, 2003-2017



Fuente: Padrones Municipales de Habitantes del Ayuntamiento de Zaragoza. Elaboración propia

En el nivel 3 se han definido doce agrupamientos de diferentes tamaños (entre 3 y 116 secciones), distintos grados de cohesión (E-I: de -0,14 a 0,52) y diversas configuraciones espaciales. Cabe destacar,

en general, que todas (excepto dos) están constituidas por secciones contiguas que tienden a formar sectores que se alargan desde el centro hacia la periferia; ciertos límites reflejan barreras físicas (el río Ebro, suelos del ferrocarril, autovías, carreteras, el río Huerva, el Canal Imperial de Aragón) que causan o refuerzan el aislamiento de algunos barrios. El efecto barrera del río Ebro se aprecia claramente en la movilidad residencial a todas las escalas. Al norte del Ebro, la carretera de Huesca (N-330) separa los barrios del ACTUR —al este— del Arrabal, Picarral, La Jota y Barrio Jesús —al oeste—; también forma un agrupamiento propio el barrio de Vadorrey; mientras que Santa Isabel y otros barrios rurales (Montañana, Movera, Peñaflores) constituyen otro clúster. Al sur del río Ebro, el barrio de La Almozara forma un clúster que refleja el relativo aislamiento de este espacio delimitado por el río Ebro y carreteras e instalaciones ferroviarias; el Casco Histórico, desde el barrio de San Pablo al de La Magdalena, conforma otro agrupamiento significativo; los barrios de Torrero-La Paz también constituyen un agrupamiento cuyos límites están reforzados por la presencia del Canal Imperial de Aragón y la ronda Z-30; el resto de los clústeres toma formas más o menos alargadas que se tienden desde el centro hacia la periferia.

La organización funcional de la red de movilidad residencial de los extranjeros se compone de dos niveles (1 y 2), con dos y cuatro módulos respectivamente. En el nivel 1 se diferencia el barrio rural de Casetas del resto del espacio urbano. El nivel 2 está formado por cuatro clústeres que varían también, como en el grupo anterior, en tamaño, intensidad de cohesión y configuración espacial. El clúster integrado por los barrios de Delicias y Oliver presenta una gran cohesión interna (Índice E-I: -0,53), que expresa el gran peso de los cambios residenciales entre ambos barrios y en el interior de cada uno. En general, los módulos tienen formas más irregulares y en algunos casos fragmentadas en varios espacios, que reflejan los fuertes intercambios residenciales entre secciones no adyacentes.

4. Discusión. Movilidad residencial de los españoles y de los extranjeros: diferentes espacios, distintos procesos

Los resultados obtenidos muestran que los cambios de residencia, tanto de los españoles como de los extranjeros, no siguen trayectorias geográficas origen-destino aleatorias si no que forman estructuras espaciales organizadas en varios niveles. Las áreas de movilidad residencial de los españoles y extranjeros se desarrollan en territorios propios, hasta cierto punto disjuntos y con características socioespaciales diferentes, pero comparten un rasgo común: en ambos casos la proximidad de las nuevas residencias al domicilio anterior constituye un elemento común del cambio de residencia. Estas características comunes y específicas sugieren que los patrones funcionales y espaciales de la movilidad de los españoles y de los extranjeros están conformados por factores y procesos también diferenciados.

La movilidad residencial de los españoles presenta dos tipos básicos de movimientos espaciales: hacia la periferia (y entre periferias) e internos en los barrios tradicionales (o entre estos barrios); ambos difieren en su rango y formas espaciales y, en las condiciones socioeconómicas de las personas que integran sus flujos. A considerable distancia de los anteriores se sitúan los movimientos de centralización e internos del área central.

Como se ha descrito, la movilidad residencial de los españoles hacia la periferia adopta configuraciones espaciales en forma de sectores continuos que se extienden desde secciones del centro hasta los límites del espacio urbano y del municipio, de tal forma que cada sector participa de espacios centrales, intermedios y periféricos. Los clústeres definidos se corresponden muy bien con los niveles de renta y tipos espaciales de movilidad. Al sur del río Ebro, el clúster central agrupa las secciones de renta más alta, que se localizan en el centro de la ciudad y hacia el sur, en los barrios Universidad, Casablanca, Montecanal, Rosales del Canal y urbanizaciones próximas al río Huerva; la movilidad residencial conecta, preferentemente, secciones del centro con las más externas, mediante flujos cuyos destinos suelen ser urbanizaciones cerradas de viviendas unifamiliares. Todos los demás clústeres, al norte y al sur del río Ebro, están constituidos por secciones de rentas medias y bajas, en los que se observan dos tipos espaciales de flujos de movilidad residencial: uno, de suburbanización y de distancia media y larga, compuesto por personas jóvenes —edad media de 31,9 años en el Distrito Sur; 35,2 años en Miralbuena; o 38,2 años en Santa Isabel frente a 43,7 años de promedio de la ciudad en 2017 (Observatorio Municipal de Estadística, 2020)— que se dirigen, en especial a nuevos ensanches residenciales con fuertes promociones de viviendas sociales (Arcosur, 21.500 viviendas; Valdespartera, 9.687 viviendas; Parque Venecia, 4.103 viviendas; Parque Goya, 3.593 viviendas); otro, de tipo interno, compuesto por un considerable flujo de personas

que cambia el domicilio a corta distancia del actual. Esta movilidad valora las ventajas de la proximidad, ya que en el nuevo domicilio se pueden mantener la red de relaciones sociales y el uso de los equipamientos, comercios y servicios habituales, sin realizar esfuerzos suplementarios de aprendizaje y familiarización con nuevos espacios geográficos; en este dominio, la cercanía del domicilio actual y el nuevo también permite conservar el sentido de pertenencia al mismo barrio. En este grupo pueden identificarse asimismo movimientos de relocalización para grupos acomodados entre las zonas más renovadas y atractivas del Casco Histórico y de los ensanches del distrito Centro, desplazamientos que son similares a otros vistos en ciudades como Barcelona (López-Gay, 2018). Asimismo, en estos barrios se concentra la mayoría de las viviendas reconvertidas en apartamentos turísticos durante los últimos años⁵, en línea con un proceso análogo que afecta a los centros históricos de las ciudades españolas (De la Calle Vaquero, 2019).

En la movilidad residencial de los extranjeros predominan los cambios de domicilio a corta distancia del actual, que se producen en los espacios centrales de los barrios, especialmente de la margen derecha, en sectores del Casco Histórico y en algunos barrios rurales. Los flujos de suburbanización, a media y larga distancia, conectan áreas muy específicas de origen y destinos en la periferia: Delicias y Oliver, San José y Zaragoza La Vieja con Torrero-La Paz, sectores del centro histórico con barrios rurales, barrios rurales entre sí; estas vinculaciones sugieren, probablemente, que se trata de movimientos de reacomodación entre personas y familias de la misma nacionalidad o cultura, por razones de trabajo, reagrupación familiar y otras.

Este modelo de movilidad reúne ventajas de la cercanía del cambio de residencia con la buena accesibilidad y una estructura espacial que amplían las oportunidades de trabajo. Por una parte, la permanencia en el mismo sector permite mantener lazos sociales y familiares, así como relaciones de ayuda mutua (cuidado de niños y ancianos, hacer la compra, etc.) (Tosi, 2017). Por otra, en los centros de los barrios y en determinados sectores del Casco Histórico los alquileres son más asequibles que en otras áreas, pues se trata de espacios con la mayor parte de su caserío envejecido; además abundan locales de tamaño pequeño y mediano apropiados para negocios de autoempleo: en estas áreas son evidentes nichos étnicos para diferentes actividades (fruterías, peluquerías, bazares, locutorios, envíos de dinero, etc.) (Zhong & Beltrán, 2020). Asimismo, la buena accesibilidad de estos espacios amplía el área en la que buscar trabajo. Estas estrategias de adaptación estimulan la movilidad residencial a corta distancia (Heylen, Mortelmans, Hermans & Boudiny, 2012; Lauterbach, 1998; Van Diepen & Mulder, 2009).

El patrón general hallado para la población extranjera es similar al observado en otras ciudades españolas, donde las áreas históricas degradadas y algunos barrios populares se configuran como espacios residenciales principales para este grupo (Bayona-Carrasco, 2011; Bayona-Carrasco & López-Gay, 2011).

Una de las consecuencias inmediatas de la movilidad residencial se manifiesta en los cambios del volumen de población y de la estructura demográfica de las diferentes áreas de la ciudad. Así, buena parte de las más de 54.000 personas que fijaron su residencia en las periferias (próxima y lejana) entre 2003 y 2017, lo hicieron por cambio de su residencia de otras áreas de la ciudad (más de 32.000 cambios de residencia procedentes de otras áreas). En el mismo sentido, las pérdidas del centro urbano en este mismo período (1.327 personas) se mitigaron porque aquí se domiciliaron 6.483 personas de nacionalidad extranjera, parte de las cuales procedentes de otras áreas de la ciudad (más de 1.500 cambios residenciales entrantes en esta área). El trasiego de personas ha rejuvenecido las zonas periféricas y ha contribuido al envejecimiento de algunas áreas del centro urbano y de los barrios.

La movilidad residencial también contribuye a modificar la composición del mosaico cultural y étnico. La periferia ha diversificado el perfil de clases sociales pues, a los grupos sociales de altos ingresos residentes en urbanizaciones cerradas, se han añadido nuevos ensanches residenciales habitados por grupos de ingreso medios, e incluso bajos. En cambio, en el centro urbano y de los barrios se observa cierta homogeneización cultural y étnica debida al descenso del número de personas de nacionalidad española (Domínguez Mújica, García Coll, González Pérez & Sánchez Aguilera, 2009) y a agrupamientos espaciales de personas de la misma nacionalidad, que según se ha observado tienden a concentrarse además en las zonas vulnerables de la ciudad ya identificadas en otros estudios (León-Casero & Ruiz-Varona, 2017; León-Casero, 2018). Además, apenas se producen movimientos residenciales desde áreas de rentas altas al centro urbano y a los barrios tradicionales, es decir, no se observan procesos fuertes de gentrificación

5 Ebrópolis (2020), documento sin publicar.

social, que son muy limitados todavía en Zaragoza (Cabeza Millán, 2017; Sánchez-Naudín & Vivas-Elias, 2018; Fuertes Rodríguez, 2019).

En suma: la movilidad residencial es un vector fundamental de la suburbanización de la población de Zaragoza y de la recomposición del mosaico cultural y étnico de la ciudad, cuyos efectos son patentes en el incremento de la segregación residencial.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos se pueden generalizar del siguiente modo: a) las trayectorias origen-destino de los cambios de residencia de los españoles y de los extranjeros conforman estructuras espaciales jerarquizadas en varios niveles; b) la proximidad geográfica y la vinculación selectiva entre localizaciones disjuntas son propiedades que definen los espacios de movilidad y c) los modelos de las áreas de movilidad de los españoles y extranjeros difieren en su configuración espacial y en los factores que las generan.

Desde el punto de vista teórico, la movilidad residencial de los españoles se aproxima a un modelo de sectores (Hoyt, 1939), generado por el desplazamiento radial de las personas desde los espacios urbanos consolidados hacia la periferia, bien directamente o encadenando varios domicilios. La movilidad de los extranjeros no sigue claramente este modelo, pues los sectores, si existen, están fragmentados.

También en el ámbito de la teoría, la aportación de este trabajo corrobora una de las tendencias más constantes de la movilidad humana: el predominio de los cambios de residencia a corta distancia (Potrykowska, 1993; Ravenstein, 1885; Trépanier, 1978). Además, se han ajustado las distribuciones de las distancias de los cambios de residencia con un modelo lognormal, tanto para el grupo de españoles como para el de extranjeros. Es muy probable que este modelo de distribución se pueda generalizar a la movilidad residencial de otras muchas ciudades (e, incluso, a la movilidad en general). La forma de esta distribución es indicio de que la movilidad residencial se aproxima más a procesos de difusión que de gravedad, controlados no por la distancia física, ya que el coste económico de la mudanza de domicilio es marginal, sino por el distanciamiento social, por lo que la localización de la residencia actual es el factor que mejor predice la localización de la residencia futura.

Por otro lado, el método utilizado ha demostrado su eficacia, pues permite asociar la organización funcional y espacial de la movilidad residencial obtenidas a partir de información dinámica de los propios flujos origen-destino, en vez de utilizar datos estáticos de saldos de movilidad residencial expresados en unidades espaciales de diversos niveles.

Una vez conocidas las diferencias de la movilidad espacial entre españoles y extranjeros se propone, como línea lógica de investigación futura, extender la investigación a grupos nacionales específicos y períodos significativos, así como a grupos sociales diferenciados por la ocupación, el nivel de cualificación, el de ingresos, la edad y el tamaño de los hogares.

Financiación

Este trabajo forma parte de los resultados del proyecto de investigación “Indicadores multiescalares y herramientas cartográficas para el análisis de la vulnerabilidad socioeconómica y residencial en áreas urbanas. Aplicación al caso de Zaragoza” (CSO2016-74888-C4-3-R), del Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad del Ministerio de Economía y Competitividad de España; en el marco del Plan Estatal de investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020.

Agradecimientos

Los autores agradecemos la provisión de datos del padrón municipal por parte del Ayuntamiento de Zaragoza en el marco de colaboración con la “Cátedra Territorio, Sociedad y Visualización Geográfica”, así como el apoyo técnico prestado por Sergio Valdivielso Pardos para la preparación de la base de datos empleada en este trabajo.

Referencias

- Alonso Logroño, M. P., & Bellet Sanfeliu, C. (2009). El tren de alta velocidad y el proyecto urbano. Un nuevo ferrocarril para la Zaragoza del tercer milenio. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XIII(281). <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-281.htm>
- Andrews, D., & Caldera Sánchez, A. (2011). Residential Mobility and Public Policy in OECD Countries. *OECD Journal: Economic Studies*, 2011(1), 1–22. <https://doi.org/10.1787/19952856>
- Andris, C., Liu, X., & Ferreira, J. (2018). Challenges for social flows. *Computers, Environment and Urban Systems*, 70, 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.03.008>
- Arranz-López, A., Soria-Lara, J. A., López-Escolano, C., & Pueyo Campos, Á. (2017). Retail Mobility Environments: A methodological framework for integrating retail activity and non-motorised accessibility in Zaragoza, Spain. *Journal of Transport Geography*, 58, 92–103. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.11.010>
- Bayona-Carrasco, J. (2011). La movilidad intraurbana de los extranjeros en Barcelona. *Architecture, City and Environment*, VI(17), 129–156. <https://doi.org/10.5821/ace.v6i17.2532>
- Bayona i Carrasco, J., & Pujadas Rúbies, I. (2010). Cambios residenciales internos en la ciudad de Barcelona: evolución y características territoriales. *Investigaciones Geográficas*, 52, 9-36. <https://doi.org/10.14198/INGEO2010.52.01>
- Bayona-Carrasco, J., & López-Gay, A. (2011). Concentración, segregación y movilidad residencial de los extranjeros en Barcelona. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 57(3), 381–412. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.234>
- Bayona-Carrasco, J., & Gil-Alonso, F. (2012). Suburbanization and international migration: the case of the Barcelona metropolitan region (1998-2009). *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 103(3), 312–329. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9663.2011.00687.x>
- Bible, D. S., & Brown, L. A. (1981). Place utility, attribute tradeoff, and choice behavior in an intra-urban migration context. *Socio-Economic Planning Sciences*, 15(1), 37–44. [https://doi.org/10.1016/0038-0121\(81\)90016-1](https://doi.org/10.1016/0038-0121(81)90016-1)
- Bonacich, P. (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *The Journal of Mathematical Sociology*, 2(1), 113–120. <https://doi.org/10.1080/0022250X.1972.9989806>
- Brown, L. A., & Moore, E. G. (1970). The Intra-Urban Migration Process: A perspective. *Geografiska Annaler. Series B, Human Geography*, 52, 1–13. <https://doi.org/10.1080/04353684.1970.11879340>
- Brummel, A. C. (1977). *A theory of intraurban residential mobility behaviour*. Recuperado de <https://macsphere.mcmaster.ca/handle/11375/12914#?>
- Cabeza Millán, L. (2017). *Procesos de gentrificación urbana. Barrio de la Magdalena*. Zaragoza (Trabajo Fin de Grado). Universidad de Zaragoza. Recuperado de <https://zaguan.unizar.es/record/65361/files/TAZ-TFG-2017-1806.pdf>
- Callizo-Soneiro, J. (2017). La ville espagnole à l'âge post-industriel: De la crise du « fordisme » à l'éclatement de la bulle immobilière. *Méditerranée*, 129, 73–90. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.9222>
- Carley, K. M. (2017). *ORA-NET SCENES*. Center for Computational Analysis of Social and Organizational Systems (CASOS), Institute for Software Research International (ISRI), School of Computer Science, Carnegie Mellon University.
- Clark, W. A. V., & Dieleman, F. M. (1996). *Households and housing: choice and outcomes in the housing market*. New Brunswick, NJ: Center for Urban Policy Research.
- Coulter, R., Ham, M. van, & Findlay, A. M. (2015). Re-thinking residential mobility: Linking lives through time and space. *Progress in Human Geography*, 40(3), 352–374. <https://doi.org/10.1177/0309132515575417>
- De la Calle Vaquero, M. (2019). Turistificación de centros urbanos: clarificando el debate. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 83(2829), 1–40. <https://doi.org/10.21138/bage.2829>
- De Miguel González, R. (2015). Transformación urbana y procesos territoriales recientes en Zaragoza y su espacio metropolitano. *Estudios Geográficos*, 76(278), 63–106. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201503>

- Di Virgilio, M. M. (2011). La movilidad residencial: una preocupación sociológica. *Territorios*, 25, 173–190. Recuperado de <https://revistas.uosario.edu.co/index.php/territorios/article/view/1851>
- Domínguez Mújica, J., García Coll, A., González Pérez, J. M., & Sánchez Aguilera, D. (2009). La population étrangère en Espagne: Quelques éléments d'une géographie changeante. *Sud-Ouest Européen*, 26, 71–88.
- Ducruet, C., & Beauguitte, L. (2014). Spatial Science and Network Science: Review and Outcomes of a Complex Relationship. *Networks and Spatial Economics*, 14(3–4), 297–316. <https://doi.org/10.1007/s11067-013-9222-6>
- Ebrópolis. (2019). *Estrategia Zaragoza +20*. Recuperado de <http://www.ebropolis.es/files/File/Estrategia20/ESTRATEGIA/Estrategia%20Zaragoza+20-Ebropolis-2019.pdf>
- Escolano-Utrilla, S., López-Escolano, C., & Pueyo-Campos, Á. (2018). Urbanismo neoliberal y fragmentación urbana: el caso de Zaragoza en los primeros quince años del siglo XXI. *EURE-Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*, 44(132), 183–210. <https://doi.org/10.4067/s0250-71612018000200185>
- Freeman, L. C., & Sunshine, M. H. (1976). Race and Intra-Urban Migration. *Demography*, 13(4), 571–575. <https://doi.org/10.2307/2060511>
- Fuertes Rodríguez, V. (2019). *Economías alternativas y gentrificación: el caso de la Magdalena (Zaragoza)* (Trabajo Fin de Grado). Universidad de Zaragoza. Recuperado de <https://zaguan.unizar.es/record/87977/files/TAZ-TFG-2019-4304.pdf>
- Gómez Bahillo, C., & Sanaú Villarroya, J. (2009). *La Exposición Internacional Zaragoza 2008*. CESA, Consejo Económico y Social de Aragón.
- Heylen, L., Mortelmans, D., Hermans, M., & Boudiny, K. (2012). The intermediate effect of geographic proximity on intergenerational support: A comparison of France and Bulgaria. *Demographic Research*, 27, 455–486. <https://doi.org/10.4054/DemRes.2012.27.17>
- Hoyt, H. (1939). *The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities*. Washintong, D.C.: Federal Housing Administration.
- Jia, X., & Lei, J. (2019). Residential Mobility of Locals and Migrants in Northwest Urban China. *Sustainability*, 11(13), 3507. <https://doi.org/10.3390/su11133507>
- Jiménez, V., Hidalgo, R., Campesino, A.-J., & Alvarado, V. (2018). Normalización del modelo neoliberal de expansión residencial más allá del límite urbano en Chile y España. *EURE-Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*, 44(132), 27–46. <https://doi.org/10.4067/s0250-71612018000200027>
- King, R. (2012). Geography and Migration Studies: Retrospect and Prospect. *Population, Space and Place*, 18(2), 134–153. <https://doi.org/10.1002/psp.685>
- Kleinberg, J. M. (1998). Decision algorithms for unsplittable flow and the half-disjoint paths problem. In: Proceedings of the thirtieth annual ACM symposium on Theory of computing, ACM Press (pp. 530–539). <https://doi.org/10.1145/276698.276867>
- Lancichinetti, A., Radicchi, F., Ramasco, J. J., & Fortunato, S. (2011). Finding Statistically Significant Communities in Networks. *PLoS ONE*, 6(4), e18961. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018961>
- Lauterbach, W. (1998). Die Multilokalität später Familienphasen. Zur räumlichen Nähe und Ferne der Generationen. *Zeitschrift für Soziologie*, 27(2), 113–132. <https://doi.org/10.1515/zfsoz-1998-0203>
- León-Casero, J. (2018). Mapa de Riesgo Social de Zaragoza: herramientas complementarias para medir el potencial regenerativo de zonas vulnerables. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, L(197), 503–516. Recuperado de <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/76679>
- León-Casero, J., & Ruiz-Varona, A. (2017). Estrategias de desarrollo urbano sostenible: inclusión social y regeneración urbana en consenso obligado. Zaragoza como caso de estudio. *Ciudades*, 20, 111–134. <https://doi.org/10.24197/ciudades.20.2017.24>
- Liu, X., Hollister, R., & Andris, C. (2018). Wealthy Hubs and Poor Chains: Constellations in the U.S. Urban Migration System. En: L. Perez, E.-K. Kim, & R. Sengupta (Eds.), *Agent-Based Models and Complexity Science in the Age of Geospatial Big Data* (pp. 73–86). Cham: Springer International Publishing. Recuperado de http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-65993-0_6
- López-Gay, A. (2014). Population growth and re-urbanization in Spanish inner cities: The role of internal migration and residential mobility. *Revue Quetelet/Quetelet Journal*, 2(1), 67–92. <https://doi.org/10.14428/rqj2014.02.01.03>




- López-Gay, A. (2017). Hacia un patrón territorial complejo de la movilidad residencial. El caso de la Región Metropolitana de Barcelona. *Papers. Revista de Sociologia*, 102(4), 793–823. <https://doi.org/10.5565/rev/papers.2420>
- López-Gay, A. (2018). Cambio en la composición social y gentrificación en Barcelona: una mirada a través de los flujos migratorios y residenciales. *Papers. Revista de Sociologia*, 60, 80–93. <https://iermb.uab.cat/ca/revistapapers/n-60-gentrificacio-i-dret-a-la-ciutat/#close>
- Luo, W., & MacEachren, A. M. (2014). Geo-social visual analytics. *Journal of Spatial Information Science*, 8, 27–66. <https://doi.org/10.5311/JOSIS.2014.8.139>
- Malliaros, F. D., & Vazirgiannis, M. (2013). Clustering and community detection in directed networks: A survey. *Physics Reports*, 533(4), 95–142. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2013.08.002>
- Martori, J. C., Madariaga, R., & Oller, R. (2016). Real estate bubble and urban population density: six Spanish metropolitan areas 2001–2011. *The Annals of Regional Science*, 56(2), 369–392. <https://doi.org/10.1007/s00168-016-0743-z>
- Méndez, M. L., & Gayo, M. (2019). Social Mobility over Time and in Space: Ascending Residential and Social Trajectories. En: *Upper Middle Class Social Reproduction* (pp. 29–54). Cham: Springer International Publishing. Recuperado de http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-89695-3_2
- Morris, T., Manley, D., & Sabel, C. E. (2018). Residential mobility: Towards progress in mobility health research. *Progress in Human Geography*, 42(1), 112–133. <https://doi.org/10.1177/0309132516649454>
- Murayama, Y., Inoue, T., & Hashimoto, Y. (1997). Spatial chain patterns of intra-urban migration. *Geographia Polonica*, 69, 135–152.
- Observatorio Municipal de Estadística (2020). Datos demográficos de Zaragoza. Recuperado de <http://demografia.zaragoza.es>
- Potrykowska, A. (1993). Intra-urban migration in the Warsaw urban region. *Geographia Polonica*, 61, 281–292.
- Pujadas Rúbies, I., Prats Boned, P., & Coll Noguera, M. (2007). Elección residencial y nuevas formas urbanas: el caso de la Región Metropolitana de Barcelona. En A. A. Artigues, A. Bauzá, M. Blázquez, J. M. González, I. Murray, & O. Rullán (Eds.), *Los procesos urbanos postfordistas* (pp. 215–234). Palma de Mallorca: Universitat de les Illes Balears y AGE.
- Quigley, J. M., & Weinberg, D. H. (1977). Intra- Urban Residential Mobility: A Review and Synthesis. *International Regional Science Review*, 2(1), 41–66. <https://doi.org/10.1177/016001767700200104>
- Ratti, C., Sobolevsky, S., Calabrese, F., Andris, C., Reades, J., Martino, M., ... & Strogatz, S. H. (2010). Redrawing the Map of Great Britain from a Network of Human Interactions. *PLoS ONE*, 5(12), e14248. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014248>
- Raulin, A. (2014). *Anthropologie urbaine*. Paris: Armand Colin.
- Ravenstein, E. G. (1885). The Laws of Migration. *Journal of the Royal Statistical society*, 48, 167–227. <https://doi.org/10.2307/2979181>
- Sánchez-Naudín, J., & Vivas-Elias, P. (2018). La ciudad creativa y cultural como espacio de exclusión y segregación. Analizando La Placica Vintage de Zaragoza: materialidades, prácticas, narrativas y virtualidades. *EURE-Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*, 44(133), 211–232. <https://doi.org/10.4067/s0250-71612018000300211>
- Shannon, P., Markiel, A., Baliga, N., Wang, J., Ramage, D., Amin, N., ... & Ideker, T. (2003). Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks. *Genome Research*, 13(11), 2498–504. <https://doi.org/10.1101/gr.1239303>
- Sun, S., & Manson, S. M. (2012). Intraurban Migration, Neighborhoods, and City Structure. *Urban Geography*, 33(7), 1008–1029. <https://doi.org/10.2747/0272-3638.33.7.1008>
- Szalay-Beko, M., Palotai, R., Szappanos, B., Kovacs, I. A., Papp, B., & Csermely, P. (2012). ModuLand plug-in for Cytoscape: Determination of hierarchical layers of overlapping network modules and community centrality. *Bioinformatics*, 28(16), 2202–2204. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts352>
- Thiers-Quintana, J., & Gil-Alonso, F. (2019). Dinámicas residenciales de la inmigración latinoamericana en las metrópolis de Barcelona y Madrid: cambios de tendencias durante la expansión, la crisis y la poscrisis. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 66(1), 57–82. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.584>

- Torrado, J. M. (2020). *Flujos espaciales y dinámicas residenciales de centralización en las áreas metropolitanas españolas* (Tesis doctoral). Universidad de Granada. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10481/59770>
- Tosi, M. (2017). Leaving-home transition and later parent–child relationships: proximity and contact in Italy. *European Societies*, 19(1), 69–90. <https://doi.org/10.1080/14616696.2016.1226374>
- Trépanier, C. (1978). La mobilité dans l'agglomération de Trois-Rivières. *Cahiers de géographie du Québec*, 22(57), p. 377-392. <https://doi.org/10.7202/021410ar>
- Van der Vlist, A. J., Czamanski, D., & Folmer, H. (2011). Immigration and urban housing market dynamics: the case of Haifa. *The Annals of Regional Science*, 47(3), 585–598. <https://doi.org/10.1007/s00168-010-0396-2>
- Van Diepen, A. M. L., & Mulder, C. H. (2009). Distance to family members and relocations of older adults. *Journal of Housing and the Built Environment*, 24(1), 31–46. <https://doi.org/10.1007/s10901-008-9130-0>
- Villani, T. (2014). *Psychogéographies urbaines corps, territoires et technologies*. Paris: Eterotopia France.
- White, P. (1985). Levels of intra-urban migration in western european cities. *Espace, populations, sociétés*, 3(1), 161–169. <https://doi.org/10.3406/espos.1985.1024>
- Zhong, W., & Beltrán, J. (2020). Vivienda y movilidad. comportamiento residencial de la migración china en España. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XXV(629), p. 28. <https://doi.org/10.1344/sn2020.24.22730>

Cita bibliográfica: Aguado-Moralejo, I., Echebarria, C., & Barrutia, J.M. (2021). Airbnb: ¿economía colaborativa o nuevo modelo de negocio? Evidencia empírica reciente desde una ciudad de tamaño medio como Bilbao. *Investigaciones Geográficas*, (76), 97-118. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18910>

Airbnb: ¿economía colaborativa o nuevo modelo de negocio? Evidencia empírica reciente desde una ciudad de tamaño medio como Bilbao

*Airbnb: sharing economy or a new business model?
Recent empirical evidence from a medium-sized city like Bilbao*

Itziar Aguado-Moralejo^{1*} 
Carmen Echebarria² 
José M. Barrutia³ 

Resumen

La economía colaborativa, es un concepto controvertido y polémico construido en torno al avance de las tecnologías de la información y comunicación, las plataformas digitales y el intercambio (generalmente, ocasional y por tiempo limitado) de activos infrautilizados entre proveedores y consumidores. Airbnb, la plataforma digital líder en alquiler turístico, defiende que sus actividades responden a este nuevo modelo económico, especialmente debido al servicio de alquiler de viviendas compartidas. Este artículo, a partir del tratamiento y depuración de diferentes fuentes estadísticas y cartográficas, (1) amplía la evidencia empírica sobre las actividades de Airbnb en una ciudad de tamaño medio como Bilbao, y (2) analiza la caracterización de la oferta de Airbnb en Bilbao y su grado de contribución a la economía colaborativa. El análisis muestra claramente que “compartir el hogar” es relevante, pero la oferta comercial es también muy significativa, aunque geográficamente desigual, en la forma en que la plataforma opera en la ciudad. En cualquier caso, las plataformas digitales constituyen una parte cada vez más relevante de las actividades de alojamiento turístico a nivel mundial, por lo que es necesario profundizar más en el debate sobre la relación entre las plataformas y la economía colaborativa.

Palabras clave: Airbnb; plataformas digitales; alquiler turístico; economía colaborativa; Bilbao.

Abstract

The sharing economy is a controversial concept built around the advancement of information and communication technologies, digital platforms, and the exchange (usually occasional and for a limited time) of underused assets between suppliers and consumers. Airbnb, the leading digital platform connecting hosts with guests, argues that its activities respond to this new economic model, especially the service of shared rental housing. This article, based on the treatment and refinement of different statistical and cartographic sources: (1) broadens the base of empirical evidence on Airbnb's activities in a medium-sized European city like Bilbao; and (2) analyses what Airbnb's offer in Bilbao tells us about

1 Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco (UPV/EHU), España. itziar.aguado@ehu.eus. *Autora para correspondencia

2 Departamento de Economía Aplicada I. Universidad del País Vasco (UPV/EHU), España. carmen.etxebarria@ehu.eus

3 Departamento de Economía Financiera II. Universidad del País Vasco (UPV/EHU), España. josemaria.barrutia@ehu.eus

the degree to which Airbnb contributes to the sharing economy. The analysis clearly shows that ‘home-sharing’ is relevant, but the commercial offer is also highly significant, although geographically uneven, in the way that the platform operates in the city. Digital platforms are an increasingly relevant part of tourist accommodation activities worldwide, and it is, therefore, necessary to go deeper into the debate on the relationship between platforms and the sharing economy.

Keywords: Airbnb; digital platforms; tourist rental; sharing economy; Bilbao.

1. Introducción

En los últimos años, el importante desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), ha posibilitado el encuentro entre consumidores y proveedores (Schor, 2016), ha permitido la reducción de los costes de las transacciones y ha facilitado el cambio en el comportamiento de los usuarios (Jarne Muñoz, 2016), impulsando, de este modo, un nuevo modelo económico que lleva a que la conocida como economía colaborativa se esté introduciendo paulatinamente en nuestro día a día (Zervas, Proserpio & Byers, 2017). La economía colaborativa se refiere a un nuevo sistema de producción y consumo que hace uso de las TIC para intercambiar y compartir bienes y/o servicios a través de plataformas digitales (Acquier, Carbone & Massé, 2019). En función de si la plataforma actúa como prestador o como intermediario, se podrán establecer diferentes modelos de negocio pudiéndose hablar de conceptos tales como el “cooperativismo de plataforma” o el “capitalismo de plataforma”, cuya diferencia principal reside en la titularidad de la empresa y en el papel que ejerce la plataforma como intermediario o como prestador del servicio y/o bien (Alfonso Sánchez, 2016; Alfonso Sánchez & Burillo, 2016). También conviene identificar la existencia o no de un propósito de lucro en los agentes que participan, con objeto de crear políticas públicas diferenciadas (Cañigüeral, 2016). Incluye, en este sentido, tanto el consumo colaborativo como los mercados de redistribución (Bruno & Faggini, 2017). De hecho, se trata de un modelo económico complejo que puede afectar a cuatro esferas diferentes: consumo colaborativo, producción contributiva, finanzas *peer-to-peer* y conocimiento abierto (Enciso, Mugarra, Muñecas & Ruiz, 2019).

En este contexto, diferentes sectores (turismo, transporte, comercio, cultura, etc.), no han sido ajenos a esta evolución de las tecnologías de la información y comunicación y la economía colaborativa ha irrumpido con fuerza, emergiendo nuevos modelos de negocio basados en plataformas digitales que están transformando el modo de alojarse (como Airbnb, Windu o Homeway), de desplazarse (como Uber, BlaBlaCar o Cabify), realizar actividades comerciales (Shopify, PrestaShop o WooCommerce) o disfrutar de actividades culturales (Hipermedula, SoundCloud o Saatchi Art). Estos modelos de negocio vinculan la oferta con la demanda de servicios o bienes a través de un modelo *peer-to-peer* que aporta la posibilidad de contratación en tiempo real, pudiendo poner en valor recursos ociosos y reduciendo los costes de transacción (Sastre-Centeno & Inglada-Galiana, 2018). También ponen en valor activos infrautilizados y los hacen accesibles para una comunidad, lo que conlleva una menor necesidad de propiedad de dichos activos.

Centrándonos en el sector turístico y, más en concreto, en la oferta de alquileres de viviendas por parte de la plataforma Airbnb, este artículo pretende explorar las relaciones entre la irrupción del alquiler de viviendas por parte de Airbnb y la economía colaborativa. Airbnb, fundada en 2007 en San Francisco, en Estados Unidos, es la empresa líder indiscutible en su rama de actividad, gestiona actualmente 5,6 millones de propiedades en todo el mundo y tiene presencia en más de 220 países (Airbnb, Inc., 2021) El espectacular crecimiento a nivel mundial que ha tenido Airbnb en poco más de una década de existencia, tanto en número de usuarios como en beneficios, ha generado un debate creciente en la literatura sobre sus impactos económicos, sociales y espaciales.

En numerosas ciudades como San Francisco, Nueva York, Barcelona, Berlín, París, Bruselas o Ámsterdam, la oferta de Airbnb supera ya a la oferta hotelera convencional (Oskam & Boswijk, 2016; Adamiak, 2018; 2019; Heo, Blal, & Choi, 2019), por lo que los gobiernos han empezado a regular estas actividades con objeto de establecer más claramente las reglas del juego (Gurran & Phibbs, 2017; Adamiak, 2018; Nieuwland & Van Melik, 2020). Así numerosos gobiernos municipales están aplicando viejas regulaciones a estos nuevos negocios, sin reflexionar en profundidad sobre si dichas normas son aplicables a estas empresas de ámbito internacional y sin alcanzar a comprender completamente los beneficios e inconvenientes que pueden generar (Quattrone *et al.*, 2016).

Airbnb señala que sus actividades entran dentro de la economía colaborativa ya que son los propios particulares quienes ofertan, a través de la plataforma, sus viviendas para alojamiento turístico en una

relación *peer-to-peer* con los consumidores. De esta forma, se genera una fuente de ingresos adicional para los propietarios que ofertan sus viviendas (Botsman & Rogers, 2010), realizando una oferta diversa de alojamientos a precios más reducidos que los que realiza la oferta hotelera tradicional en aquellas áreas de la ciudad donde no existen plazas hoteleras o un suficiente número de estas, contribuyendo así a distribuir la afluencia turística a otros barrios periféricos de la ciudad y a promover experiencias de turismo alternativas a las tradicionales (Paulauskaite, Powell, Coca-Stefaniak & Morrison *et al.*, 2017; Wang & Nicolau, 2017). Por el contrario, quienes critican estas prácticas argumentan que no son los particulares y las familias con ingresos reducidos quienes componen la oferta de alojamientos de alquiler dentro de la plataforma Airbnb, sino que esta es controlada, fundamentalmente, por los grandes propietarios, por lo que dichas actividades no se ajustan al esquema de la economía colaborativa (Arias Sans & Quaglieri-Domínguez, 2016; Cocola-Gant & Gago, 2019; Yrigoy, 2019; Gil & Sequera, 2020; Dogru, Mody, Suess, Line & Bonn *et al.*, 2020).

Por todo ello, se ha empezado ya a estudiar el fenómeno de Airbnb y su relación con la economía colaborativa en ciudades especialmente turísticas a nivel mundial como San Francisco (Brousseau, 2015), Nueva York (Sheppard & Udell, 2016), Berlín (Schäfer & Braun, 2016; Duso, Michelsen, Schäfer & Tran *et al.*, 2020), Milán (Amore, Bernardi & Arvanitis, 2020), París (Freytag & Bauder, 2018), Lisboa (Cocola-Gant & Gago, 2019; Sequera & Nofre, 2020); Barcelona (Arias Sans & Quaglieri-Domínguez, 2016) o Madrid (Gil & Sequera, 2020). Sin embargo, se ha prestado mucha menor atención por parte de los investigadores a la presencia y efectos de este fenómeno en ciudades de menor tamaño y con menor número de turistas (Adamiak, 2019).

Con el fin de contribuir empírica y metodológicamente a la base de evidencia, este análisis se centrará en Bilbao, una ciudad española de tamaño medio que lleva experimentando un proceso continuo de revitalización y transformación desde hace más de veinticinco años, lo que le ha aportado un importante atractivo turístico (Plaza & Haarich, 2015) y ha generado la oferta de alojamientos turísticos a través de plataformas digitales y, en particular, a través de Airbnb.

Hasta ahora, los estudios empíricos sobre ciudades europeas se han centrado en los principales destinos turísticos con mayor número de turistas (París, Londres, Berlín, Barcelona, Madrid, Lisboa, Palma de Mallorca). No obstante, si bien centrarse en las ciudades con mayor número de turistas proporciona información relevante sobre la implantación y desarrollo de este nuevo modelo de negocio, el análisis de estas deja sin responder cómo les está yendo a las ciudades con menor número de turistas, en términos de la oferta de Airbnb. Dado que los pocos análisis disponibles encuentran diferencias considerables en la estructura de la oferta de Airbnb según el tamaño de la ciudad y el contexto local (Adamiak, 2018), parece necesario ampliar el enfoque de los estudios e incluir en ellos el análisis de un abanico más amplio de ciudades.

Para el estudio del caso de la ciudad de Bilbao, se plantean las siguientes preguntas clave: ¿Dónde se localizan los alojamientos turísticos ofertados por Airbnb en Bilbao? ¿Se puede ubicar la oferta de Airbnb en Bilbao dentro de la economía colaborativa o se trata de una oferta profesionalizada? ¿Se encuentra homogéneamente distribuida la oferta de alojamientos de Airbnb en la ciudad? ¿En caso negativo, dónde se localiza la mayor concentración de la oferta? ¿Se trata de una oferta alternativa a la oferta hotelera tradicional o supone una competencia para la misma? ¿Influyen las características del tejido residencial existente en los barrios en la oferta de alojamientos de Airbnb? ¿Qué datos arroja el análisis de las actividades de Airbnb en Bilbao sobre el grado en que Airbnb contribuye a la economía colaborativa?

En consecuencia, a partir del tratamiento y depuración de diferentes fuentes estadísticas y cartográficas, este artículo pretende alcanzar los siguientes objetivos: (1) proporcionar un análisis de la espacialidad de la oferta de alquileres de la plataforma digital Airbnb en Bilbao y de las características específicas de dicha oferta, y (2) estudiar el grado en que Airbnb contribuye a la economía colaborativa en la ciudad de Bilbao.

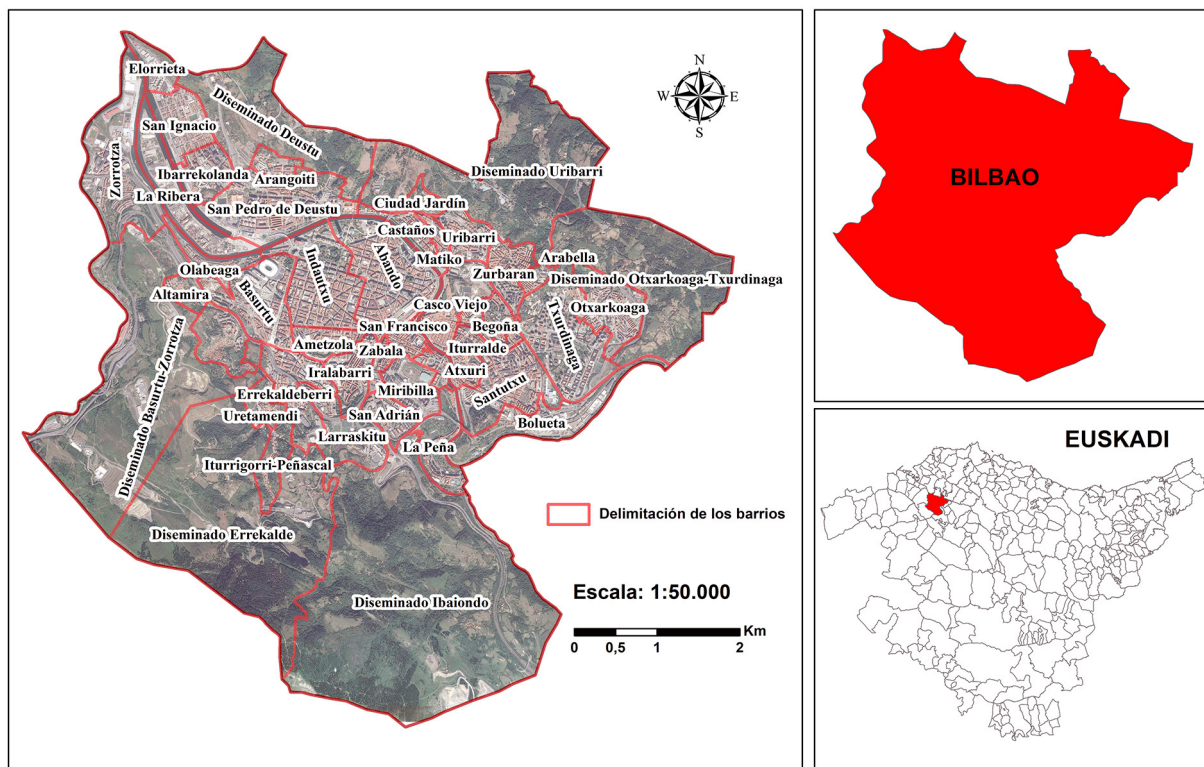
Por último, el artículo se estructura de la siguiente manera: tras esta breve referencia introductoria, la siguiente sección se centra en la metodología que, por un lado, presenta el área de estudio y, por otro lado, describe las fuentes de datos y el método de investigación. La tercera sección ofrece los resultados del análisis, mientras que la cuarta sección presenta la discusión. Por último, la sección final presenta las principales conclusiones del trabajo y las vías de investigación futuras.

2. Metodología

2.1. Presentación del área de estudio

Bilbao es la ciudad más grande del País Vasco (Figura 1), con una población de 343.430 habitantes (Instituto Vasco de Estadística [Eustat], 2019c), siendo la cabecera de la Comarca del Gran Bilbao (comprende el municipio de Bilbao y veinticinco municipios más), cuya población asciende a 858.236 (Eustat, 2019c), y representa el 40 por ciento de la población total del País Vasco. Económicamente, Bilbao ha sido desde el siglo XIX un polo industrial de gran importancia, lo que le supuso un aumento continuo de su población hasta la década de los años ochenta del pasado siglo. En esos años, la crisis industrial le azotó con fuerza, obligándole a afrontar un traumático proceso de reconversión industrial y a apostar por una importante política de revitalización económica y rehabilitación urbana (Aguado-Moralejo, Echebarria & Barrutia, 2019; Franklin, 2016). Este esfuerzo ha supuesto el reconocimiento a nivel nacional e internacional de su proceso de transformación urbana, pasando en unas pocas décadas de ser una ciudad industrial a convertirse en una ciudad de servicios con un elevado y creciente atractivo turístico (González, 2011; Plaza & Haarich, 2015). Esta transformación, originariamente asentada en políticas de regeneración física y urbanística con actuaciones como la recuperación fluvial de la ría, la mejora de las infraestructuras de transporte, la generación de espacios residenciales de calidad o el desmantelamiento de distintas zonas industriales y la construcción sobre ellas de infraestructuras culturales como el icónico Museo Guggenheim Bilbao y el Palacio Euskalduna, se basa, actualmente, en actuaciones mucho más fragmentadas y fuertemente condicionadas por las fuerzas del mercado, junto con un gran proyecto de remodelación del área de Zorrotzaurre con base en el Master Plan de Zaha Hadid (Gainza, 2017).

Figura 1. El municipio de Bilbao y sus barrios



Fuente: Geoeuskadi. Elaboración propia

En este marco, la creciente llegada de visitantes a Bilbao ha propiciado la ampliación y diversificación del modelo turístico, inicialmente centrado en el turismo de negocios, hacia otro tipo de servicios turísticos, empezándose a ofertar en la ciudad alojamientos turísticos a través de plataformas digitales. La plataforma Airbnb, aunque de reciente implantación, pero en crecimiento, ya recoge el mayor número de alquileres turísticos, superando a otras plataformas como Wimdu y Niumba (Fierro & Salmón, 2018; Palos-Sánchez & Correia, 2018; Adamiak, Szyda, Dubownik & García-Álvarez, 2019).

Esta proliferación de alojamientos turísticos, dio lugar a que en 2017 se modificase el Plan General de Ordenación Urbana de Bilbao con el fin de poder regular esta oferta y garantizar una mejor praxis turística. Más en concreto, por un lado, se categorizaron cuatro modalidades de alojamiento: (1) hoteles, hostales y pensiones (referido a la oferta tradicional, cuya regulación ya estaba establecida), (2) apartamentos turísticos y apartahoteles (aquellos que cuentan, además de la zona de dormitorio, con un aseo y una cocina), (3) vivienda turística (dedicadas exclusivamente para uso turístico y que solamente pueden estar ubicadas en la primera planta de los edificios de uso residencial), y (4) habitaciones turísticas (el propietario de la vivienda que se oferta debe estar empadronado en la vivienda ofertante); estableciéndose una regulación diferenciada en función de dichas modalidades. Y, por otro lado, se adoptaron mayores restricciones en los barrios más sometidos a presión turística, como el Casco Viejo y Bilbao la Vieja, permitiendo sólo una actividad turística por edificio (Ayuntamiento de Bilbao, 2017).

Aunque es difícil obtener cifras comparables, estadísticas recientes del Bilbao Turismo & Convention Bureau señalan que, en 2019, la ciudad tuvo casi dos millones de pernoctaciones (Bilbao Turismo & Convention Bureau, 2020). El número de turistas (nacionales e internacionales) ha aumentado rápidamente y se ha incrementado en más del 20% por ciento en los últimos cinco años (Bilbao Turismo & Convention Bureau, 2020). Sin embargo, Bilbao se encuentra claramente por detrás de las principales ciudades turísticas españolas y europeas. Si se toma el número de llegadas internacionales como indicador, Barcelona superó los 7 millones y Madrid estuvo cerca de los 5 millones y medio en 2019 (INE, 2020), mientras que Bilbao no llegó a las 500.000 llegadas internacionales. También en términos del total de pernoctaciones, Bilbao no aparece entre los principales destinos, ya que Barcelona, Madrid y Palma de Mallorca tuvieron, respectivamente, 21,4 millones, 20,85 millones y 8,9 millones de pernoctaciones, lo que convierte a Bilbao en un destino en crecimiento, aunque no principal, en comparación con los destinos anteriores (INE, 2020).

No obstante, aunque el turismo nacional e internacional se ha convertido en una de las principales fuerzas impulsoras de la reciente remodelación de Bilbao, geográficamente, las actividades turísticas y los alojamientos se distribuyen de manera desigual en la ciudad, con concentraciones diversas en los diferentes barrios.

Hasta fechas muy recientes, Bilbao tenía una oferta de alojamientos turísticos en crecimiento en cuanto a hoteles y pensiones, con un papel más limitado para los apartamentos vacacionales. A finales de 2019, solo 782 proveedores de apartamentos estaban registrados en la ciudad, quienes, en conjunto, proporcionaron 1.168 alojamientos. En comparación, los hoteles y pensiones ofrecieron unas 7.500 camas (Gobierno Vasco, 2020). Sin embargo, en este marco, Airbnb ha crecido rápidamente. Mientras que a finales de 2017 había unos 966 apartamentos disponibles, en el cuarto trimestre de 2019, se registraron 1.198 alquileres activos (Inside Airbnb, 2019), lo que representa un aumento del 25% en sólo dos años. Aunque Airbnb argumenta habitualmente que su servicio opera fuera de los barrios turísticos tradicionales, en Bilbao la oferta de Airbnb se agrupa en los barrios del centro de la ciudad (Figura 2), lo que refleja, en un grado considerable, la geografía de los alojamientos turísticos en general. Los patrones espaciales de Airbnb difieren según el tipo de alojamiento, con predominio de viviendas o apartamentos enteros ubicados en el centro de la ciudad y habitaciones compartidas en la periferia.

2.2. Fuentes de datos

Para realizar el análisis, se han utilizado las siguientes fuentes de datos. En primer lugar, los datos sobre los indicadores dependientes de los listados de alquileres de alojamientos de Airbnb, se obtuvieron a partir de la página web <http://insideairbnb.com>, una plataforma independiente y no comercial que ofrece información recopilada del sitio web oficial de Airbnb. Dicha plataforma, creada por Murray Cox (que se autodefine como activista comunitario y tecnólogo), ofrece un listado completo de los alojamientos de Airbnb en distintas ciudades. Para cada alojamiento registra sus coordenadas geográficas, la tipología de alquiler, el nombre de su propietario, la descripción sintética, el precio, el número mínimo de noches, la disponibilidad anual, las críticas recibidas y el número de alojamientos ofertados por dicho usuario. Para este trabajo, se recopilaron los anuncios de alquileres turísticos relativos a Euskadi-País Vasco disponibles a fecha 31 de diciembre de 2019. Después de eliminar los alojamientos ofertados por Airbnb no correspondientes al municipio de Bilbao, se georreferenciaron mediante ArcGis y se ubicaron en sus respectivos barrios. En total, se identificaron 1.156 alojamientos tras haber descartado los que no disponían de información completa o no se correspondían con las siguientes modalidades de alojamiento analizadas: alquiler íntegro, habitación privada y habitación compartida. De hecho, se identificaron también ofertas que

se correspondían con establecimientos hoteleros tradicionales que también se publicitaban a través de la plataforma. En segundo lugar, los mapas necesarios para realizar la cartografía se descargaron del servicio GeoEuskadi (<https://www.geo.euskadi.eus>), utilizándose los barrios administrativos de Bilbao como unidades de análisis, aunque no se consideraron las entidades diseminadas ni el barrio de Elorrieta, por ser un barrio en proceso de construcción del que no se dispone aún de datos estadísticos. La información relativa a los establecimientos hoteleros o turísticos se descargó de la plataforma de datos abiertos Open-data Euskadi (<https://opendata.euskadi.eus>) donde se recoge el listado recopilado por el Gobierno Vasco (2020). En tercer y último lugar, para contextualizar los resultados y entender las características particulares de cada barrio, se acudió a distintas fuentes de datos que ofrecen información sociodemográfica a esta escala territorial, tales como la Estadística Municipal de Habitantes (Eustat, 2019c), la Estadística Municipal de Educación (Eustat, 2019b), la Estadística Municipal de Actividad (Eustat, 2019a), la Estadística de Renta Personal y Familiar (Eustat, 2018), Estadística Municipal de Viviendas (Eustat, 2019d), la Estadística del Mercado de Alquiler (Departamento de Planificación Territorial, Vivienda y Transportes, 2019) y Promociones de Vivienda Protegida (Observatorio Vasco de la Vivienda, 2020).

2.3. Método de investigación

El método de investigación utilizado consistió en la elaboración de datos cuantitativos mediante la aplicación de diferentes técnicas estadísticas y cartográficas. Por ello, en primer lugar, para caracterizar la oferta de alojamientos de Airbnb en Bilbao, se realizó un análisis estadístico descriptivo y una serie de análisis estadísticos bivariados con el fin de identificar las correlaciones existentes entre las distintas variables consideradas. En segundo lugar, como soporte visual, se cartografió la información a escala barrial mediante la utilización del programa ArcGIS, con el propósito de analizar de forma pormenorizada la distribución de los alojamientos en la ciudad.

Para completar el análisis, se utilizaron las herramientas de análisis espacial de ArcGIS, en concreto, el estadístico I de Moran, uno de los índices más extendidos para identificar la existencia de autocorrelación espacial (Gutiérrez *et al.*, 2017; Adamiak *et al.*, 2019; Kadi, Plank & Seidl, 2019). Este estadístico, sostiene como hipótesis nula que la distribución de las variables es aleatoria (Moran, 1948) y sirve para analizar si existen efectos espaciales en las variables estudiadas derivadas de la contigüidad física, criterio al que se conoce como vecindad. En particular, la estadística de autocorrelación espacial I de Moran muestra la relevancia del sesgo espacial de los fenómenos espaciales. La estadística fue introducida por primera vez por Moran (1948) y posteriormente fue desarrollada por Cliff y Ord (1970) basándose en la conocida como Ley de Tobler que señala que todo está relacionado con todo, pero las cosas más cercanas están más relacionadas que las más alejadas (Tobler, 1970). De esta forma, se pudo medir el grado de asociación de la cantidad de alojamientos que Airbnb presenta a nivel barrial en Bilbao y determinar sus patrones espaciales (Anselin, 1995; Eugenio-Martin, Cazorla-Artiles & González-Martel, 2019). También permitió analizar el grado de afectación de otras unidades territoriales vecinas —en este caso, barrios—, en orden a detectar si existe interrelación entre la oferta en los barrios colindantes. Finalmente, se compararon los datos anteriores con una serie de variables estadísticas relativas a la población y a la vivienda.

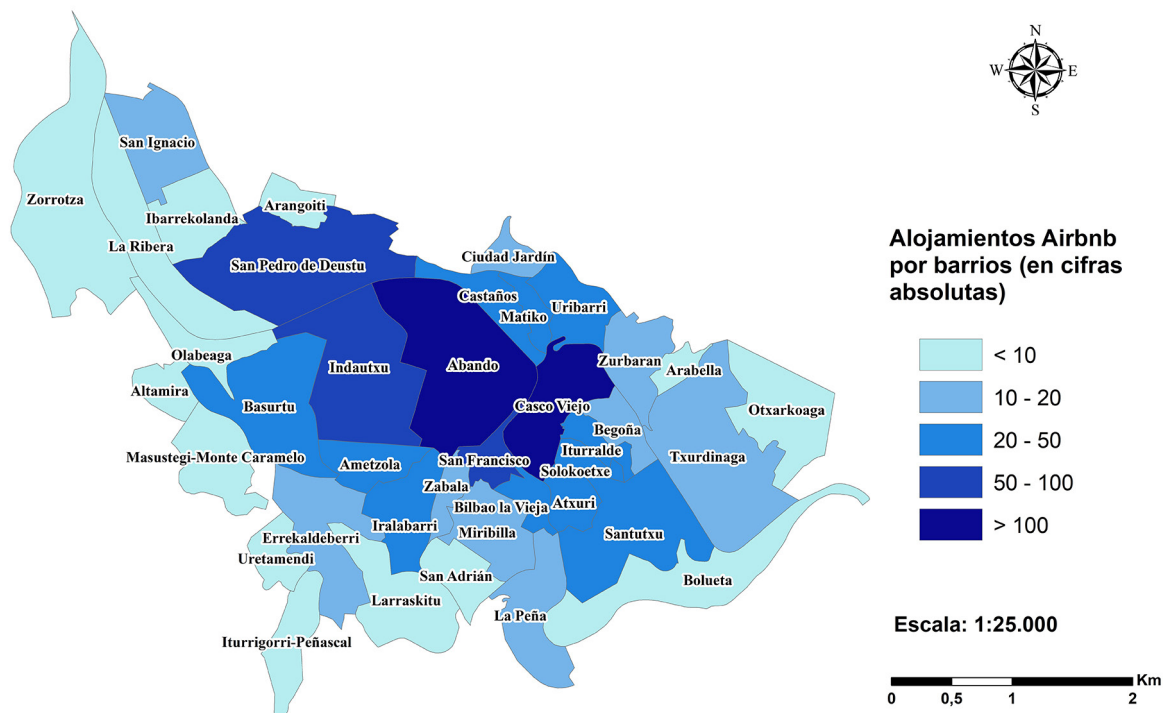
3. Resultados del análisis

3.1. ¿Dónde se localizan los alojamientos ofertados por Airbnb en Bilbao?

Una visualización cartográfica del cómputo total de alojamientos ofertados por Airbnb por barrios (Figura 2) refleja que dichos alojamientos se concentran en los barrios centrales de Bilbao, fundamentalmente en los barrios de Abando y Casco Viejo, mientras que apenas se encuentra presencia de este tipo de alojamientos en los barrios más periféricos.

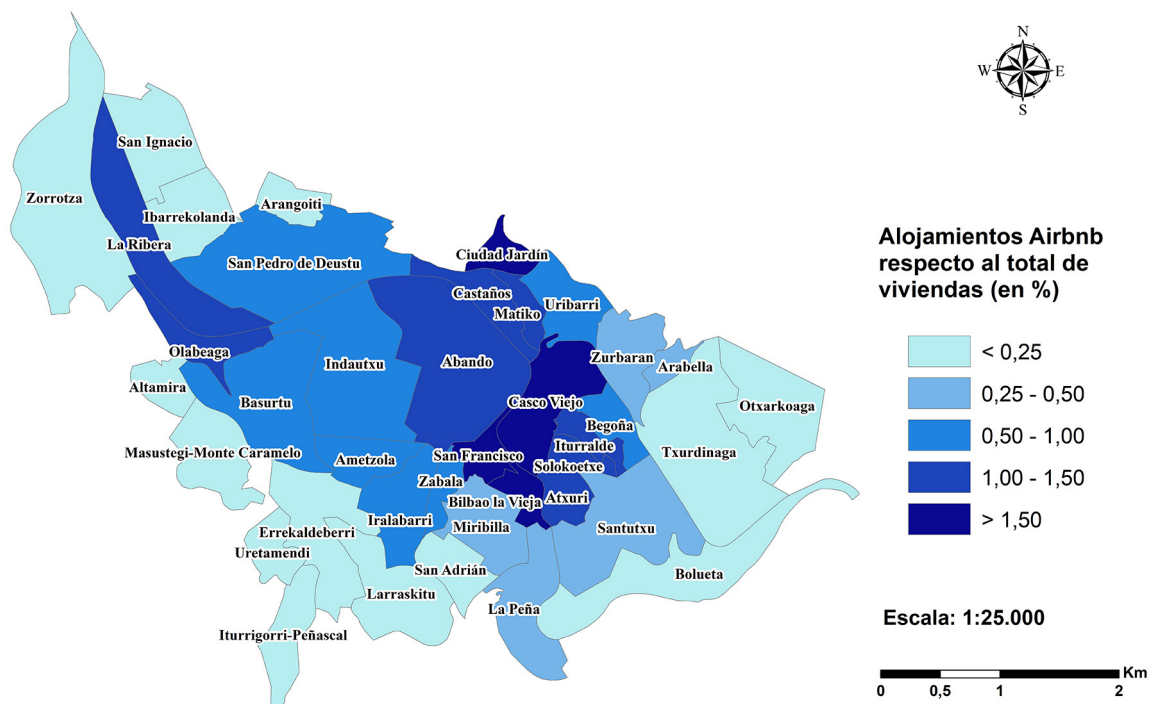
Sin embargo, si se analizan los alojamientos ofertados por Airbnb con relación al número de viviendas de cada barrio en términos porcentuales, la imagen que muestra el mapa de Bilbao es distinta (Figura 3), ya que, en este caso, existen barrios periféricos, especialmente Ciudad Jardín, pero también La Ribera y Olabeaga, donde se dan porcentajes relativamente altos de alojamientos de alquiler turístico. Este resultado puede deberse a que en estos barrios el parque residencial es reducido y no cuentan con un volumen amplio de viviendas. Además, en este mapa se evidencia que, en términos relativos, Abando pierde posiciones y que junto con el Casco Viejo y Ciudad Jardín aparecen otros barrios, como Bilbao La Vieja y San Francisco, donde se produce también una elevada concentración de alojamientos Airbnb.

Figura 2. Cómputo total de los alojamientos ofertados por Airbnb en Bilbao por barrios. 2019



Fuente: datos de Inside Airbnb (2019). Elaboración propia

Figura 3. Alojamientos ofertados por Airbnb en Bilbao en relación al número de viviendas por barrios. 2019



Fuente: datos de Inside Airbnb (2019) y Eustat (2019d), Estadística Municipal de Viviendas. Elaboración propia

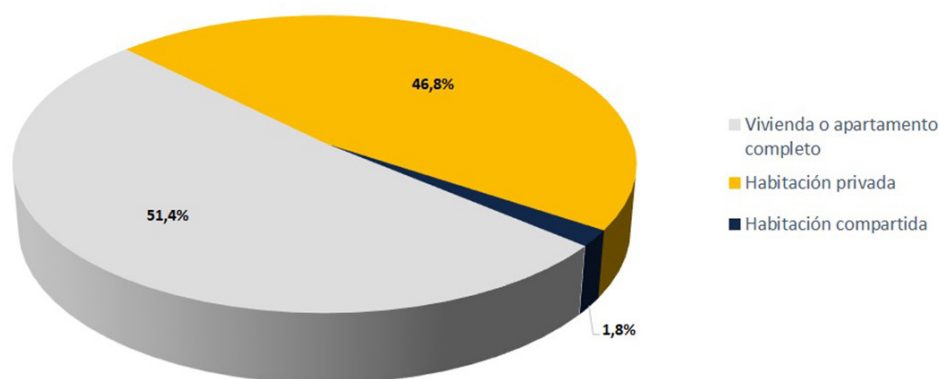
3.2. ¿Se puede ubicar la oferta de alojamientos de Airbnb en Bilbao dentro de la economía colaborativa o se trata de una oferta profesionalizada?

Dos cuestiones son relevantes en relación a las preguntas formuladas en el presente epígrafe: por un lado, considerar que las prácticas de “hogar compartido” (*home sharing*) ponen en valor un bien infrautilizado (lo que es coherente con una mayor sostenibilidad en el uso de un recurso escaso como es la vivienda), que se ofrecen en el mercado en el periodo en el que no se están utilizando, (por ejemplo, en periodos vacacionales cuando la vivienda habitual está en desuso por sus propietarios) y que se realizan entre particulares gracias al desarrollo de las nuevas tecnologías (Gössling & Hall, 2019). Al mismo tiempo, estas prácticas democratizan la actividad turística al hacerla más accesible tanto desde el punto de vista de los consumidores, que pueden alojarse a precios más reducidos, como de los propietarios particulares, que obtienen unas rentas suplementarias que contribuyen a mejorar la economía familiar, por lo que estas prácticas no serían comerciales y entrarían dentro del modelo de economía colaborativa. Por otro lado, el hecho de que la oferta de alojamientos turísticos se pueda estar profesionalizando y se encuentre compitiendo con la actividad turística tradicional, convierte la vivienda en un activo en el que invertir y se sitúa dentro de un modelo económico que empieza a denominarse capitalismo de plataforma (Farmaki, Christou & Saveriades, 2020; Spangler, 2020).

En este contexto, se hace necesario concretar qué son y qué no son prácticas comerciales. Aunque hay divergencia de criterios en la literatura a la hora de diferenciar entre prácticas comerciales y actividades propias de la economía colaborativa en el ámbito de los alojamientos turísticos (véase, por ejemplo, Crommelin, Troy, Martin & Pettit, 2018; Adamiak, 2019), hay un cierto consenso en utilizar tres indicadores fundamentales para dicha diferenciación (Kadi *et al.*, 2019): i) el tipo de alquiler; ii) el número de alojamientos ofertados (en este caso, habría discrepancias en establecer un número determinado, aunque suelen ser uno o dos), y iii) la duración del periodo de alquiler (entendiendo que periodos superiores a tres meses, implicarían un uso exclusivamente turístico o comercial no compatible con la vivienda habitual).

En lo referente al tipo de alquiler, los autores citados clasifican la oferta en función de las tres modalidades existentes: habitaciones privadas, habitaciones compartidas y vivienda o apartamento completo. En este sentido, consideran que el alquiler de habitaciones, tanto privadas como compartidas, se ubicaría dentro del ámbito de la economía colaborativa, mientras que el alquiler de vivienda completa implicaría la existencia de un agente comercial (Ferreri & Sanyal, 2018; Kadi *et al.* 2019). En el caso de Bilbao (Figura 4), de acuerdo con esta opción, destacaría la oferta de alquiler de vivienda o apartamento completo, representando un porcentaje del 51,4%. Por su parte, las habitaciones privadas supondrían el 46,8% y, en cambio, las habitaciones compartidas apenas tendrían representación, con un 1,8% sobre el total.

Figura 4. Porcentaje de alojamientos ofertados por Airbnb en Bilbao según la modalidad de alquiler

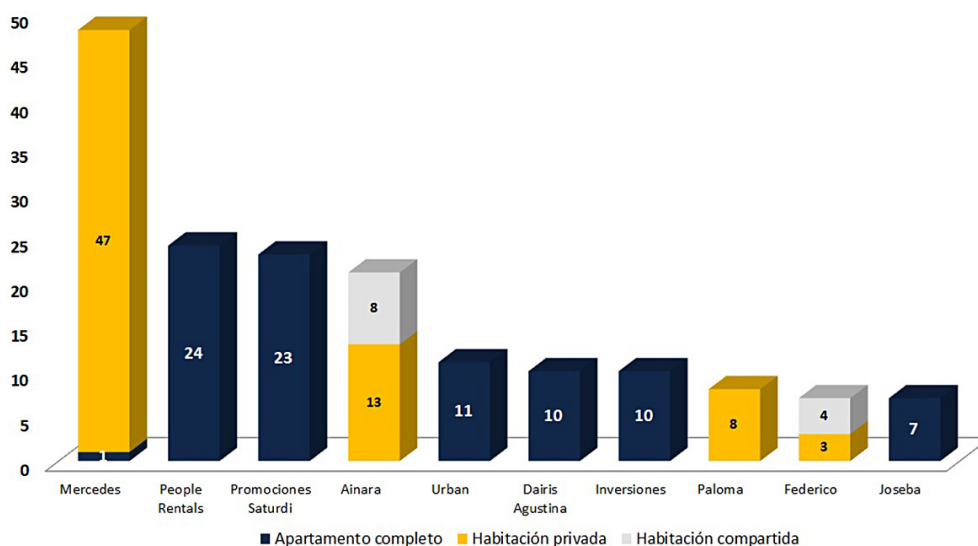


Fuente: datos de Inside Airbnb (2019). Elaboración propia

No obstante, puede haber excepciones en cuanto a la identificación de la economía colaborativa con el alquiler exclusivo de habitaciones (privadas o compartidas), ya que puede darse el caso de que la vivienda habitual se alquile durante periodos vacacionales o ausencias de sus propietarios y ello seguiría siendo economía colaborativa. Por el contrario, podría ocurrir que un agente profesional decida alquilar sus inmuebles por habitaciones, pero, en este caso, ese alquiler de habitaciones no se podría ubicar dentro

de la economía colaborativa (Wachsmuth & Weiser, 2018). De hecho, en la información relativa a los alojamientos de Airbnb en Bilbao se puede observar que existe una propietaria (Mercedes) que alquila cuarenta y siete habitaciones (Figura 5).

Figura 5. Modalidades de alquiler ofertadas por Airbnb en Bilbao según los propietarios con mayor número de alojamientos



Fuente: datos de Inside Airbnb (2019). Elaboración propia

En lo relativo al número de alojamientos ofertados, se suelen considerar prácticas comerciales o propietarios profesionales a aquellos propietarios o arrendadores que alquilen más de un alojamiento (Schäfer & Braun, 2016; Wegmann & Jiao, 2017), puesto que se presupone que, para poder ser considerado la actividad como de economía colaborativa, lo habitual será alquilar la propia vivienda o apartamento y, en el caso de los propietarios con mayores ingresos, podrían llegar a alquilar hasta dos viviendas o apartamentos. También, en el caso de que fuese alquiler por habitaciones, podrían ser dos unidades o incluso alguna más, aunque el hecho de que en Bilbao la superficie media por vivienda sea de 82 metros cuadrados, implica que la mayoría de las viviendas no dispongan de más de tres habitaciones, por lo que la cifra de dos unidades puede considerarse bastante representativa. Por estas razones, en el caso de aquellos propietarios que oferten dos alojamientos no se puede determinar, *a priori*, si se trata de propietarios particulares o de agentes profesionales.

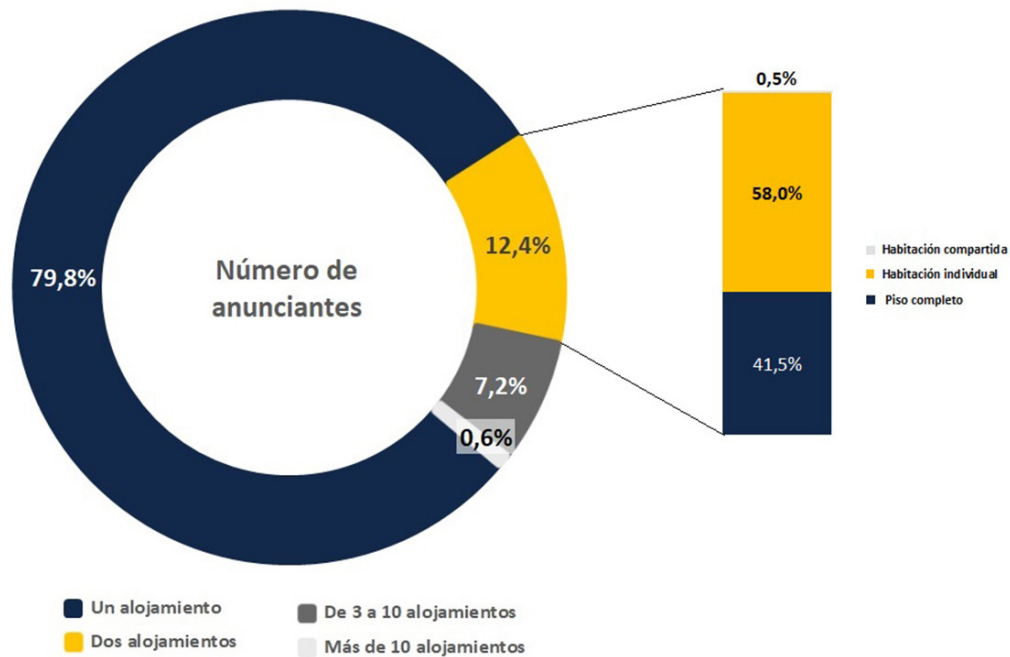
Si se analiza el número de alojamientos ofertados por Airbnb en Bilbao atendiendo al perfil de los arrendadores (Figura 6), cabe considerar que se trata de una oferta no excesivamente profesionalizada, ya que prácticamente el 80% (79,8%) de los propietarios ofertan un único alojamiento. Podrían surgir dudas con aquellos propietarios que ofertan dos alojamientos (el 12,4% de los propietarios) y que, por tanto, estrictamente, no estarían realizando prácticas de “hogar compartido”. No obstante, habría que especificar si dichos propietarios están alquilando la vivienda completa o habitaciones de la misma. En este último caso, sí que se podrían computar como prácticas de “hogar compartido”.

En el caso de Bilbao, se puede observar (Figura 6) que más de la mitad de los propietarios (58,0%) que alquilan dos alojamientos, pueden catalogarse como prácticas de “hogar compartido” por tratarse del alquiler de habitaciones.

Además, el Índice de Gini, calculado sobre la distribución de los alojamientos por propietarios en Bilbao, muestra valores muy bajos (0,13), lo que indica que la oferta de alojamientos se encuentra bastante repartida entre los arrendadores. La curva de Lorenz lo evidencia también así (Figura 7), mostrando una distribución bastante equilibrada al no existir una distancia relevante respecto a la diagonal. Sin embargo, es un dato significativo que sólo cinco propietarios (el 0,64% de los ofertantes) aglutinen más del 10% del total de alojamientos ofertados, lo que se refleja en la verticalidad que adopta la curva en los valores más positivos del eje de abscisas. Por lo tanto, aunque no se pueda hablar de una alta concentración

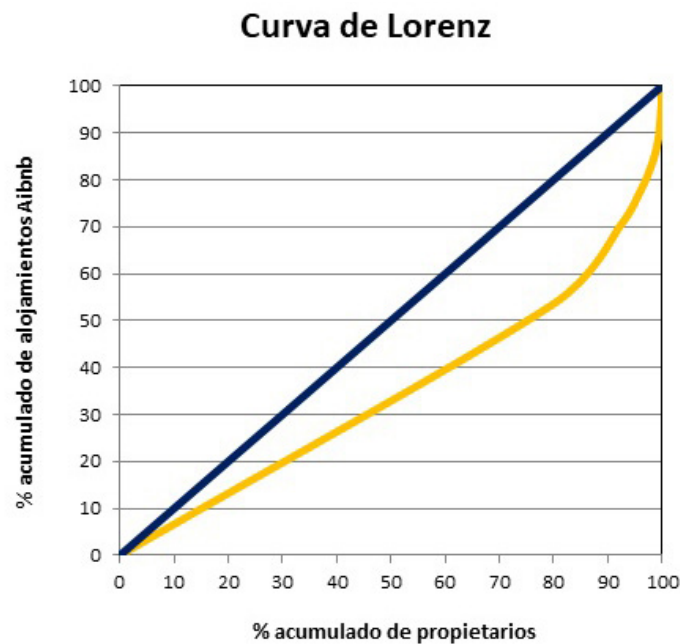
de la oferta, sí cabe afirmar la existencia de dos perfiles de arrendadores u ofertantes de alquileres en la plataforma Airbnb en Bilbao: (1) arrendadores que utilizan la plataforma para obtener ingresos extras, que ofertan un único alojamiento (en torno al 80% del total) y que, por tanto, pueden considerarse propietarios particulares, y (2) arrendadores que ofertan tres o más alojamientos (en torno al 8% del total) y que se incluirían en las prácticas comerciales o el negocio inmobiliario. Con respecto al resto de arrendadores (en torno al 12% del total), que ofertan dos alojamientos, no se puede determinar si se trata de propietarios particulares o de agentes profesionales.

Figura 6. Distribución de los arrendadores en función del número de anuncios ofertados en el listado de Airbnb en Bilbao



Fuente: datos de Inside Airbnb (2019). Elaboración propia

Figura 7. Curva de Lorenz de la distribución de la oferta de alojamientos Airbnb en Bilbao en relación a los propietarios

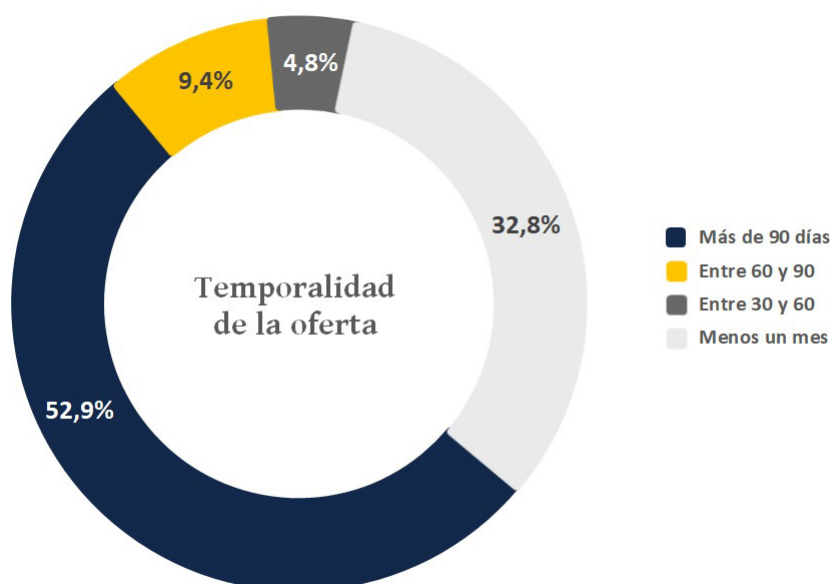


Fuente: datos de Inside Airbnb (2019). Elaboración propia

Por último, en lo referente a la duración del periodo de alquiler, para enmarcar la actividad dentro de la economía colaborativa se debería tratar de viviendas que se alquilan en los periodos en los que no son utilizadas por sus propietarios. Por tanto, se trataría solamente de las viviendas habituales. Se entiende que para que puedan ser consideradas viviendas habituales deberían estar alquiladas por un periodo breve de tiempo, el que corresponda con los periodos vacacionales de los propietarios. De este modo, todo alojamiento que supere los noventa días de disponibilidad no podría ser considerado un bien infrautilizado, sino un alojamiento de uso exclusivamente turístico o comercial.

En el caso de Bilbao, si se observa la duración del periodo de alquiler de los alojamientos de Airbnb, se concluye que la mayor parte se refiere a inmuebles que se dedican exclusivamente al alquiler o a viviendas secundarias (Figura 8), puesto que las viviendas que se alquilan por periodos superiores a noventa días (el límite habitual que suelen establecer las administraciones públicas para determinar si se trata de una actividad privada o de una actividad comercial) representan el 52,9%. Además, si se consideran todos los alojamientos que se ofertan en alquiler por un periodo superior a un mes, la cifra se elevaría al 67,1% del total de los alquileres, lo que pone de manifiesto que en la oferta de alojamientos de Airbnb en Bilbao predominan las prácticas comerciales o profesionalizadas.

Figura 8. Periodo de alquiler de los alojamientos de Airbnb en Bilbao



Fuente: datos de Inside Airbnb (2019). Elaboración propia

3.3. ¿Se encuentra homogéneamente distribuida la oferta de alojamientos de Airbnb en Bilbao?

En la Tabla 1 se observa que la distribución de los alojamientos turísticos ofertados por Airbnb en el municipio de Bilbao no es equilibrada. Así, un análisis de la información aportada por el Índice de Moran confirma que existe autocorrelación espacial en la distribución de los alojamientos, viéndose influenciada por el efecto vecindad y cumpliéndose así el principio Tobler, por el cual los espacios geográficos más próximos están más relacionados entre sí que los espacios más alejados (Anselin, 1995; Xu, Hu, La, Wang & Huang, 2019). Si se completa este análisis con el Índice de Getis-Ord (*Índice G*) (Getis & Ord, 1992), se constata que se produce un agrupamiento de los valores altos, lo que indicaría la proximidad entre los barrios con mayor concentración de alojamientos turísticos mientras que, por el contrario, no existe una agrupación de los barrios con poca presencia de dichos alojamientos.

Además, si se analizan de forma específica las diferentes modalidades de alquiler, se observa que son las habitaciones privadas las que muestran un mayor agrupamiento, mientras que en el caso de las habitaciones compartidas no cabe rechazar la hipótesis nula de que exista una distribución aleatoria, dado que el *Valor de p* es relativamente alto. Esto mismo lo confirma el *Índice G*, que también muestra que para la modalidad de habitación compartida no existe un agrupamiento espacial.

Tabla 1. Resultados del análisis de autocorrelación espacial

	Total	Apartamento	Habitación Privada	Habitación Compartida
Índice de Moran	0,157815	0,137586	0,175734	-0,025642
Varianza	0,001954	0,001856	0,001966	0,000617
Puntuación z	4,073024	3,70905	4,46464	-0,137704
Valor de p	0,000046	0,000208	0,000008	0,890474
Tipo de distribución	Agrupada	Agrupada	Agrupada	Aleatoria
Índice G	0,000695	0,000746	0,000653	0,000286
z-score	4,790146	4,672227	4,925059	-0,273422
p-value	0,000002	0,000003	0,000001	0,784528
Tipo de agrupamiento	Agrupamiento alto	Agrupamiento alto	Agrupamiento alto	Aleatorio

Fuente: datos de Inside Airbnb (2019). Elaboración propia

3.4. ¿La oferta de alojamientos de Airbnb en Bilbao es una oferta de alquiler alternativa a la oferta hotelera tradicional o se concentra en las mismas áreas de la ciudad?

En cuanto a la localización de la oferta, uno de los postulados que defiende Airbnb en lo que se refiere a su oferta es que permite equilibrar la oferta de alojamientos en aquellas áreas de la ciudad a las que no llega la oferta hotelera tradicional. Interesa, por tanto, identificar si se trata de una oferta complementaria a la realizada por los establecimientos hoteleros tradicionales, o si, por el contrario, compete territorialmente con ellos.

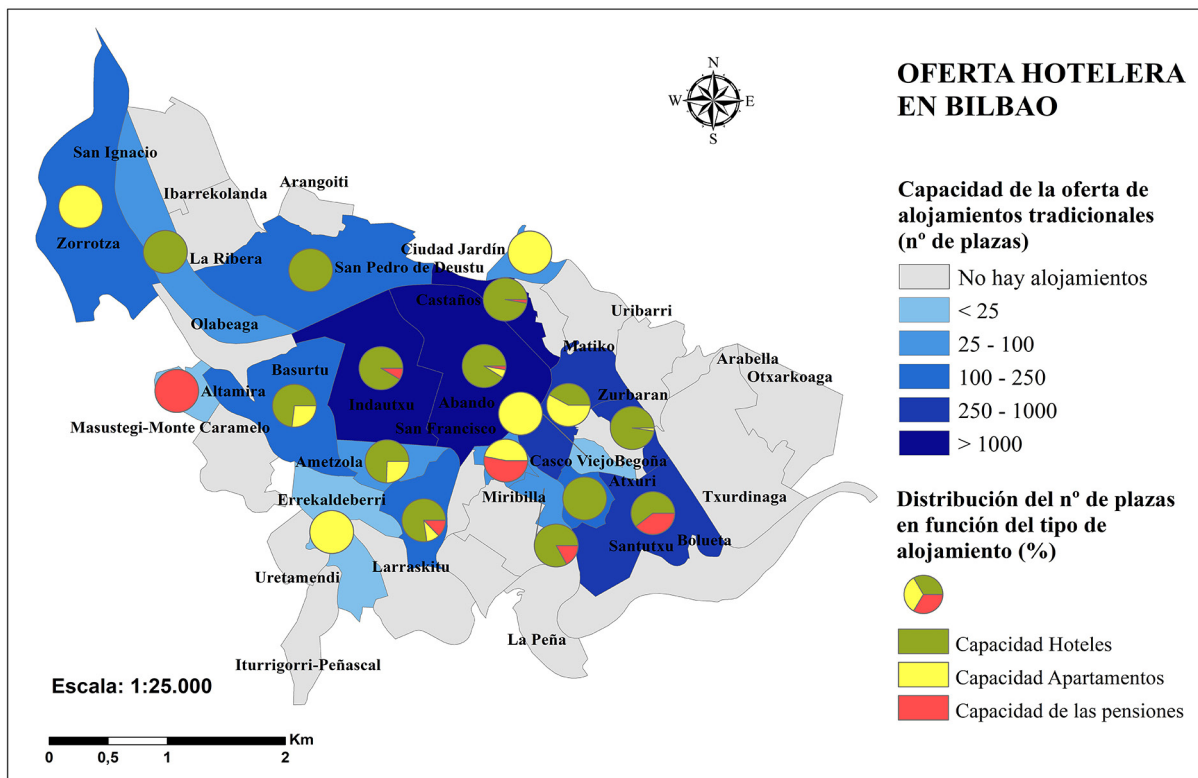
El Gobierno Vasco (2020) mantiene un registro de los alojamientos turísticos existentes en el conjunto de la Comunidad Autónoma, distinguiendo entre hoteles, hoteles-apartamentos y pensiones. Esta distinción viene regulada por el Decreto 102/2001, de 29 de mayo, que establece la ordenación de los establecimientos hoteleros⁴ y regula las características mínimas en cuanto a servicios, dimensiones y estancias que deben incorporar los alojamientos para ubicarse en una categoría o en otra.

En la Figura 9 se puede observar la capacidad total de la oferta de alojamientos tradicionales en Bilbao distribuida por barrios. Los azules más oscuros reflejan un mayor volumen de plazas (mediante un mapa de coropletas) y la distribución de dichas plazas en función del tipo de alojamiento: hoteles, apartamentos y pensiones (mediante un mapa de diagramas sectoriales). En Bilbao, la oferta de Airbnb llega a todos los barrios de la ciudad a excepción del barrio de Elorrieta que, como ya se indicó previamente, se encuentra en fase de construcción. En cambio, como se puede observar en la Figura 4, sólo diecinueve de los cuarenta barrios de Bilbao disponen de oferta hotelera tradicional (Gobierno Vasco, 2020). Además, esta escasez de establecimientos hoteleros se manifiesta, principalmente, en los barrios periféricos. De este modo, la mayor proporción de oferta hotelera se concentra en los barrios centrales, especialmente en Abando, Indautxu y Casco Viejo, al igual que ocurre con los alojamientos ofertados por Airbnb, por lo que se podría afirmar que puede existir cierta competencia entre la oferta hotelera y la oferta de Airbnb (Guttentag & Smith, 2017; Benítez-Aurioles, 2018).

Interesa también conocer el detalle relativo a la competencia entre la oferta de alojamientos de Airbnb y la oferta hotelera tradicional en función del tipo de alojamiento. En el caso de Bilbao se observa que en los barrios de Abando e Indautxu predomina la oferta de la categoría de hoteles, mientras que, en Bilbao la Vieja y Ciudad Jardín, dos barrios que destacan por tener un alto porcentaje de oferta de alojamientos de Airbnb en relación al volumen de vivienda, la única oferta de plazas hoteleras tradicionales provendría de la categoría de pensiones. Por su parte, los barrios del Casco Viejo y San Francisco, que disponen de elevados porcentajes de oferta de alquileres de Airbnb, también presentan un elevado porcentaje de su oferta hotelera tradicional centrada en pensiones. De hecho, la mitad de todas las pensiones de Bilbao se concentran en el Casco Viejo.

⁴ https://www.euskadi.eus/bopv2/datos/textosconsolidados/200103307_vigintea.pdf

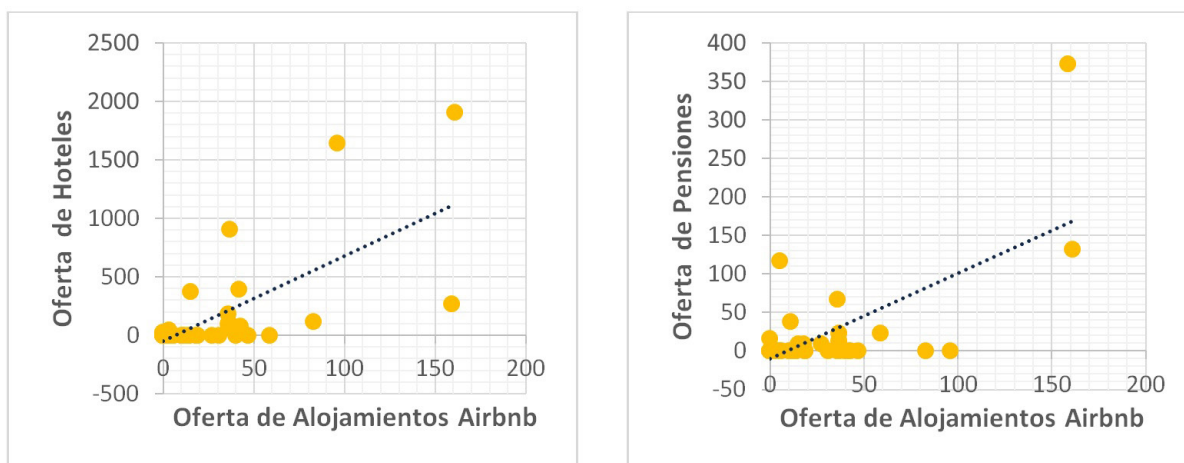
Figura 9. Localización de la oferta hotelera tradicional en Bilbao por barrios



Fuente: datos de Opendata Euskadi (2020). Elaboración propia

En resumen, el análisis de la distribución espacial en el caso de Bilbao evidencia que se produce una mayor superposición entre la oferta de pensiones y la oferta de Airbnb, que entre la oferta de hoteles y la oferta de alojamientos Airbnb, por lo que, de alguna manera, se podría estar generando una mayor competencia entre la oferta de alojamientos Airbnb y la oferta de pensiones y hoteles de baja categoría, tal y como se ha señalado en estudios previos (Guttentag & Smith, 2017; Guttentag, Smith, Potwarka & Havitz, 2018).

Figura 10. Correlación entre la oferta de hoteles y pensiones y la oferta de alojamientos de Airbnb en Bilbao



Fuente: datos de Inside Airbnb (2019) y Gobierno Vasco (2020), *Alojamientos turísticos de Euskadi*. Elaboración propia

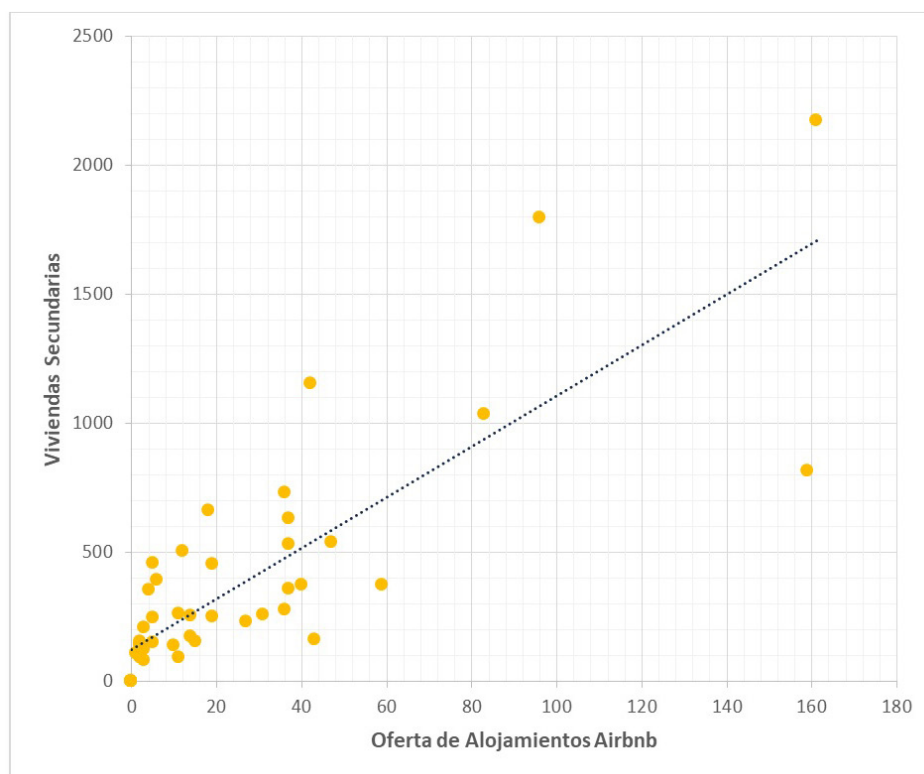
Se puede concluir, por tanto, que la oferta de alquileres de Airbnb equilibra y complementa la oferta de alojamientos en la ciudad en aquellos barrios, generalmente periféricos, a los que no llega la oferta

hotelera tradicional, generando nueva oferta en los mismos. Pero, también parece claro que los barrios que presentan mayor concentración de alojamientos turísticos son también, por lo general, aquellos donde se da mayor afluencia turística. Así lo demuestran los gráficos de dispersión (Figura 10), donde se aprecia una correlación positiva, aunque no excesivamente alta, entre la oferta de alojamientos de Airbnb y la oferta de hoteles y pensiones, con unos coeficientes de correlación de 0,68 y 0,67⁵, respectivamente.

3.5. ¿Influyen las características del tejido residencial existente en los barrios en la oferta de alojamientos de Airbnb?

Respecto a las características del tejido residencial que podrían influir en la oferta de alojamientos de Airbnb, una característica que parece estar influyendo en el caso de Bilbao es la presencia de viviendas secundarias o no principales en el barrio, ya que el coeficiente de correlación presenta un valor de 0,82⁶. De hecho, barrios como los de La Ribera, Ciudad Jardín, Olabeaga, Casco Viejo o Abando presentan en la ciudad mayores porcentajes de vivienda secundaria alcanzando el 31,3%, 26,8%, el 19,6%, el 19,5% o el 17,7%, respectivamente (Figura 11).

Figura 11. Correlación entre viviendas secundarias y oferta de alojamientos de Airbnb en Bilbao



Fuente: datos de InsideAirbnb (2019) y Eustat (2019d), Estadística Municipal de Viviendas. Elaboración propia

Sin embargo, no se aprecian correlaciones altas en cuanto a otras características de las viviendas como podrían ser la antigüedad (0,43), el tamaño de la unidad familiar (0,28), la disponibilidad de ascensor (0,36) o la disponibilidad de calefacción (0,38). Aun así, parece que la oferta de alquileres de Airbnb presenta una correlación positiva, no excesivamente alta (0,65), con el tamaño de la vivienda. También ofrece una correlación positiva, aunque más reducida, con la presencia en el barrio de viviendas de protección oficial en régimen de alquiler (0,57), aunque no así con la presencia de vivienda de protección oficial en régimen de compra, en cuyo caso la correlación es negativa, aunque muy baja (-0,13). Esto último es lógico, dado que la normativa no permite alquilar viviendas protegidas en régimen de propiedad.

5 Cálculo propio con base en los datos extraídos de las páginas web de Inside Airbnb y de la Oficina de Turismo del Gobierno Vasco.

6 Cálculo propio con base en los datos extraídos de la web de Inside Airbnb y de la Estadística Municipal de Viviendas (Eustat, 2020).

Asimismo, se observa también una correlación positiva (0,69) con el precio del metro cuadrado del alquiler de viviendas, aunque esta correlación disminuye (0,57) si se considera el precio medio del alquiler (Departamento de Planificación Territorial, Vivienda y Transportes del Gobierno Vasco, 2019). Al profundizar sobre las características barriales predominantes, se observa una correlación relativamente alta entre la presencia de alojamientos de Airbnb y el nivel de renta (0,60) y, especialmente, entre dicha presencia y el nivel de estudios, dado que la correlación existente entre el porcentaje de población con estudios superiores y medios y el número de alojamientos ofertados por Airbnb es de 0,74. Evidentemente, todos estos resultados son generales a nivel de barrio, por lo que no identifican las características concretas de los alojamientos ofertados por Airbnb ni las de sus propietarios, sino las características promedio de los barrios.

4. Discusión

Respecto a Airbnb, gran parte de la doctrina se centra en el estudio de los beneficios generales que proporciona la plataforma en comparación con los alojamientos turísticos tradicionales. Así, se destacan los efectos positivos en la creación de empleo (Dogru *et al.*, 2020), en la democratización del turismo al ofrecer a los visitantes opciones de alojamiento más asequibles (Guttentag, 2015), en el suministro de alojamientos turísticos (Kaplan & Nadler, 2015), en la obtención de ingresos complementarios para los anfitriones (Botsman & Rogers, 2010), que incluso pueden contribuir a paliar la pérdida de capacidad adquisitiva para los estratos de población con menos recursos (Sperling, 2015) o en la contribución a asentar valores como la empatía, la tolerancia o el intercambio cultural (Paulauskaite *et al.*, 2017). Y sin dejar de mencionar los efectos que Airbnb puede tener sobre la sostenibilidad, al poner en valor recursos, en este caso viviendas, que pueden encontrarse infrautilizados (Palgan, Zvolska & Mont, 2017; Paulauskaite *et al.*, 2017; Sung, Kim & Lee, 2018; Contu, Conversano, Frigau & Mola, 2019).

Sin embargo, otra parte creciente de la literatura empieza a ser muy crítica con las actividades de Airbnb, poniendo el foco en los impactos negativos que puede generar en la economía local, en el mercado inmobiliario o en la calidad de vida de los residentes (Arias Sans & Quaglieri-Domínguez, 2016; Lee, 2016; Wachsmuth & Weiser, 2018; Cocola-Gant & Gago, 2019; Ioannides, Rösmaier & van der Zee, 2019; Yrigoy, 2019; Gil & Sequera, 2020). Algunos autores (Adamiak *et al.*, 2019) aseguran que el modelo Airbnb supondrá una pérdida de empleo directo en el sector hotelero, mientras que otros ponen el acento en los desafíos relacionados con las regulaciones, los impuestos, la competencia desleal o la gestión de los flujos turísticos (Gurran & Phibbs, 2017; Nieuwland & Van Melik, 2020). Por último, otros autores han señalado que los alquileres a corto plazo han generado crecientes protestas y campañas contra el turismo urbano (Colomb & Novy, 2016; Sheppard & Udell, 2016), mientras que las consecuencias distributivas relacionadas con la participación selectiva en los alojamientos de Airbnb también están siendo objeto de atención (Schor, 2016).

Asimismo, la literatura señala que si la oferta de Airbnb se ubica dentro de la economía colaborativa el impacto en términos de sostenibilidad (económicos, sociales y ambientales) será positivo (Palgan *et al.*, 2017; Paulauskaite *et al.*, 2017; Contu *et al.*, 2019). En este caso, no se trataría de una oferta en competencia con el sector hotelero sino complementaria a este, que se distribuiría de forma más equitativa por la ciudad, pondría en valor viviendas infrautilizadas y contribuiría a un mejor reparto de la riqueza al mejorar los ingresos de las familias. Por el contrario, cuando se trate de una oferta profesionalizada, esta puede dar lugar a una mayor concentración y con ello a procesos de turistificación, donde la vivienda se convierte en un bien de inversión que permite rendimientos económicos para las empresas y, por tanto, estas entran en competencia directa con los residentes por la adquisición de las viviendas (Cocola-Gant & Gago, 2019; Gil & Sequera, 2020) y con los hoteles por la atracción de turistas (Guttentag & Smith, 2017). A modo de síntesis, en la Tabla 2, se contraponen los impactos positivos frente a los impactos negativos, que se podrían relacionar con modelos más centrados en economía colaborativa versus modelos de economía de plataforma.

En definitiva, tanto los efectos positivos como los negativos se verán también influenciados por las características y la distribución de la oferta de alojamientos turísticos en cada ciudad o territorio. En este sentido, Adamiak (2018) señala que tanto la dimensión como la orientación del municipio como destino turístico ejercen una clara influencia en la proliferación de alojamientos turísticos, pero que existen también otros factores que habría que considerar. Así, en los países del sur y del este de Europa la creciente profesionalización puede ser un síntoma de la existencia de brechas de renta, mientras que en países con

un rápido avance de la actividad turística el crecimiento de la oferta de alojamientos turísticos permite satisfacer la demanda turística que no cubre la subdesarrollada infraestructura turística. Del mismo modo, el tipo de turismo en el que se encuentra especializado el destino turístico también contribuye a una mayor o menor expansión de los alojamientos turísticos. Los destinos costeros son más proclives a un desarrollo de este tipo de alojamientos, poniendo en el mercado, con frecuencia, la existencia de una amplia oferta de segundas residencias, mientras que el turismo de negocios no tiende a utilizar de forma habitual los alojamientos turísticos (Young, Corsun & Xie, 2017).

Tabla 2. Impactos positivos y negativos de la economía colaborativa vs economía de plataforma

ECONOMÍA COLABORATIVA	ECONOMÍA DE PLATAFORMA
impactos positivos	impactos negativos
<ul style="list-style-type: none"> - Creación de empleo (Dogru <i>et al.</i>, 2020). - Democratización del turismo (Guttentag, 2015, Kaplan & Nadler, 2015, Botsman & Rogers, 2010 Sperling, 2015). - Poner en valor recursos infrautilizados (Palgan, Zvolkska & Mont, 2017; Paulauskaite <i>et al.</i>, 2017; Sung, Kim & Lee, 2018; Contu, Conversano, Frigau & Mola, 2019). - Fomento de la cultura de compartir (Paulauskaite <i>et al.</i>, 2017). - Contribución a una mayor sostenibilidad (Palgan <i>et al.</i>, 2017; Paulauskaite <i>et al.</i>, 2017; Contu <i>et al.</i>, 2019). 	<ul style="list-style-type: none"> - Competencia directa con el sector hotelero causando pérdida de empleo y de ingresos en este sector (Young <i>et al.</i>, 2017; Zervas, Proserpio, & Byers, 2017, Guttentag & Smith, 2017). - Reducción en el retorno económico de los beneficios generados vía impuestos y tasas (Arias Sans & Quaglieri-Domínguez, 2016). - Procesos de concentración de alojamientos en determinadas zonas de la ciudad y consiguiente turistificación (Arias Sans & Quaglieri-Domínguez, 2016; Gurran & Phibbs, 2017). - Especulación inmobiliaria e incremento de los precios de las viviendas (Wachsmuth & Weisler, 2018; Gurran & Phibbs, 2017; Cocola-Gant & Gago, 2019; Yrigoy, 2019; Gil & Sequera, 2020). - Molestias generadas a los residentes debido a la gran afluencia turística (Nieuwland & Van Melik, 2020).

Elaboración propia

Para el caso de Bilbao, el análisis llevado a cabo en el presente trabajo revela una imagen compleja de la oferta de alquiler de viviendas por parte de Airbnb. La mayor o menor presencia de oferta privada (“hogar compartido”) y oferta comercial difiere considerablemente según el indicador, así como geográficamente según los barrios de la ciudad. Sin embargo, el análisis muestra claramente que la oferta privada representa tan sólo una parte del total de la actividad que Airbnb despliega en Bilbao. Y, si bien esto es importante, es destacable que otra parte considerable de las propiedades ofertadas por la plataforma se destinan al alquiler exclusivo a turistas.

Así, frente a la concepción que considera que la propuesta de Airbnb es la de alquilar ocasionalmente espacio infrautilizado en la casa de alguien, tal y como sugieren habitualmente tanto la literatura sobre economía colaborativa (Paulauskaite *et al.*, 2017; Palgan *et al.*, 2017; Contu *et al.*, 2019) como las campañas de marketing de la empresa, las conclusiones del presente estudio evidencian que para comprender completamente la oferta de Airbnb en la ciudad de Bilbao se exige una perspectiva más matizada que considere tanto las actividades particulares (“hogar compartido”) como las prácticas comerciales. Dos son los datos reveladores a este respecto: que la proporción de viviendas que se alquilan por periodos superiores a noventa días representa más del cincuenta por ciento (52,9%) en Bilbao, y que el alquiler de apartamento completo es la modalidad predominante. Estos datos son coincidentes con estudios previos realizados por Adamiak (2019), donde compara la situación en ciento sesenta y siete países, y por Dogru *et al.* (2020), que comparan la situación en cincuenta Estados de Estados Unidos. Ambos trabajos aprecian que existe una tendencia hacia la profesionalización de la oferta y que la proporción de anfitriones profesionales tiende a crecer más que la de anfitriones particulares.

A la luz de los resultados obtenidos respecto a la caracterización de la oferta de la plataforma Airbnb en la ciudad de Bilbao cabe preguntar cuál será su contribución a la economía colaborativa. A este respecto, si se atiende a los argumentos de Airbnb, “compartir el hogar” permite a los propietarios particulares participar en la prestación de servicios turísticos y, por lo tanto, beneficiarse de ellos de manera directa,

a diferencia de los alojamientos turísticos convencionales ofrecidos por empresas y propietarios comerciales. También el análisis del presente trabajo muestra que, de hecho, Airbnb desempeña en Bilbao un papel importante en la promoción del alquiler por parte de particulares (“hogares compartidos”) y, por lo tanto, desarrolla potencialmente prácticas de economía colaborativa. No obstante, el dato relativo a que los propietarios particulares compartan el espacio infrutilizado de su vivienda no aflora toda la realidad. Es cierto que, si se toma el “hogar compartido” como una indicación de prácticas de economía colaborativa, Airbnb lo facilita, pero no en la medida en la que tanto la empresa como la literatura sobre economía colaborativa lo defienden (Palgan *et al.*, 2017; Sung *et al.*, 2018; Gössling & Hall, 2019).

Airbnb señala que sus actividades responden a un nuevo modelo económico basado en la economía colaborativa, especialmente en el sector del alquiler de viviendas compartidas. De hecho, argumenta que el ‘hogar compartido’ privado brindará mayores oportunidades para que los particulares y las familias con ingresos reducidos puedan obtener una fuente de ingresos adicional realizando una oferta diversa de alojamientos a precios más reducidos que los que realiza la oferta hotelera tradicional o las casas de vacaciones, gestionadas por propietarios que pueden permitirse comprar una propiedad adicional para alquilar. Sin embargo, no cabe afirmar tan rotundamente que la oferta de Airbnb sea, en la práctica, la de “compartir el hogar”, aunque las empresas de plataformas hayan difundido la retórica del compartir (Schor, 2016; Sung *et al.*, 2018). En consecuencia, caracterizar la oferta de Airbnb ha de ser el primer paso útil y necesario para determinar hasta qué punto la plataforma contribuye a la economía colaborativa.

No obstante, la concentración del turismo es todavía muy moderada en Bilbao con respecto a la de las grandes capitales españolas y europeas. Además, las actividades de Airbnb se distribuyen de manera desigual en Bilbao, concentrándose la oferta comercial especialmente en los barrios del centro de la ciudad (Abando y Casco Viejo) y siendo menor su presencia en los barrios periféricos. Sin embargo, si se tienen en cuenta los resultados en términos porcentuales, a los barrios centrales de Abando y Casco Viejo, se unen algunos barrios adyacentes (Bilbao La Vieja, San Francisco, Zabala, Matiko, Castaños y Ciudad Jardín) y otros dos barrios algo más alejados (como Iturrigorri-Peñascal y Olabeaga). Estos resultados van en la línea de investigaciones previas que señalan que la brecha de renta explica la conversión de los alquileres tradicionales en alquileres turísticos o vacacionales, complicando el acceso a una vivienda asequible a determinados grupos de población (Wachsmuth & Weisler, 2018; Ioannides *et al.*, 2019; Yrigoy, 2019; Amore, *et al.*, 2020; Cocola-Gant & Lopez-Gay, 2020). Asimismo, una mayor presencia de viviendas secundarias en el barrio va acompañada de una mayor presencia de alojamientos Airbnb, como ocurre en el caso de los barrios centrales de Abando y Casco Viejo y en otros dos barrios, Ciudad Jardín y Olabeaga, algo más alejados del centro, pero con elevado número de viviendas secundarias. Es decir, la vivienda principal apenas se destina al alquiler turístico, destinándose predominantemente la segunda residencia a este uso. De hecho, Adamiak (2018) señala que en las poblaciones más turísticas existe una mayor proporción de vivienda secundaria destinada a usos exclusivamente turísticos y con mayor incidencia, si cabe, en los centros históricos y en las ofertas de sol y playa.

Respecto de las consecuencias de la expansión de Airbnb en Bilbao sobre los hoteles, se observa que, por una parte, la plataforma complementa la oferta hotelera tradicional en los barrios periféricos y, por otra, compite con dicha oferta en los barrios centrales, aunque presentando una localización más distribuida por toda la ciudad que la oferta hotelera convencional. Además, Airbnb puede expandirse más fácilmente que los hoteles ya que, a diferencia de estos, no necesita edificios completos para instalarse. Todo ello les permite capitalizar, en mayor medida, su proximidad a las atracciones y lugares turísticos, como también se ha señalado en la literatura previa (Gutiérrez *et al.*, 2017; Eugenio-Martin *et al.*, 2019).

5. Conclusiones

Las contribuciones de este artículo en orden al estudio de la presencia, actuación y desarrollo de la plataforma Airbnb en la ciudad de Bilbao han sido, por un lado, ampliar la base de evidencia empírica sobre las actividades de Airbnb en una ciudad de tamaño medio y, por otro lado, cuestionar críticamente el hecho de que la oferta de alojamientos de Airbnb en dicha ciudad corresponda al modelo de economía colaborativa. En atención a todo lo expuesto en el presente trabajo, la conclusión final es que, aunque el dato de “compartir el hogar” sea un elemento importante a tener en cuenta para calificar o catalogar la estrategia de alquiler que publicita la plataforma Airbnb, también es muy significativa la oferta comercial en cuanto a la forma en que la plataforma opera en Bilbao.

De hecho, al igual que en muchas otras ciudades, este análisis ha mostrado que en Bilbao la distribución de los alojamientos de Airbnb en el espacio urbano es selectiva y busca, fundamentalmente, localizaciones centrales y en las que exista la posibilidad de obtener mayores beneficios debido a la presencia de brechas de renta. Pero, al contrario que en otras ciudades más turísticas, todavía no se ha llegado a producir una fuerte profesionalización del sector de alojamientos turísticos, dado que el análisis también ha mostrado que todavía persiste un alto porcentaje de propietarios no profesionales.

No obstante, dado que las plataformas digitales como Airbnb, Windu o Homeway, constituyen una parte cada vez más relevante de las actividades de alojamiento turístico a nivel mundial, resulta necesario profundizar aún más en el debate sobre la relación entre las plataformas digitales y la economía colaborativa. Este trabajo supone un primer paso en esta dirección. En futuras investigaciones se deberá analizar cuáles son los factores específicos que pueden estar determinando la mayor concentración de la oferta de alquiler de la plataforma Airbnb en los barrios céntricos de muchas ciudades e indagar si ello se debe a las características del mercado de la vivienda y al surgimiento de brechas de renta, o si es debido a la localización central de esos barrios y su proximidad a los recursos y atractivos turísticos, lugares de ocio nocturno, estaciones de transporte, zonas verdes, etc. En este nuevo análisis se habrán de utilizar otras fuentes de datos que ayuden a identificar, por un lado, las características de los propietarios de los alojamientos ofertados por Airbnb (clase social, tipo de trabajo, nivel de estudios, género, etc.) y, por otro, las condiciones en que alquilan dichos espacios. Además, incluir en este nuevo análisis los datos relativos a los ingresos de Airbnb puede ayudar a conocer cómo se distribuyen los beneficios de la plataforma. Por último, como línea de investigación conexa, se debería atender a las características socio-demográficas de los barrios con mayor presencia de oferta de Airbnb en cada ciudad, pues ello permitiría conocer el impacto de la plataforma en la población local en términos de aumento de los precios de los alquileres, encarecimiento de los precios de venta de las viviendas, desplazamiento residencial, transformación comercial, pérdida de identidad, turistificación, etc.

Financiación

Este trabajo ha sido realizado gracias al apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) (ECO2016-76348-R AEI / FEDER UE) y del Gobierno Vasco (IT1354-19).

Referencias

- Acquier, A., Carbone, V., & Massé, D. (2019). How to Create Value(s) in the Sharing Economy: Business Models, Scalability, and Sustainability. *Technology Innovation Management Review*, 9(2), 5-24. <http://doi.org/10.22215/timreview/1215>
- Adamiak, C. (2018). Mapping Airbnb supply in European cities. *Annals of Tourism Research*, 71, 67-71. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2018.02.008>
- Adamiak, C. (2019). Current state and development of Airbnb accommodation offer in 167 countries. *Current Issues in Tourism*. <https://doi.org/10.1080/13683500.2019.1696758>
- Adamiak, C., Szyda, B., Dubownik, A., & García-Álvarez, D. (2019). Airbnb offer in Spain—spatial analysis of the pattern and determinants of its distribution. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(3), 155. <https://doi.org/10.3390/ijgi8030155>
- Aguado-Moralejo, I., Echebarria, C., & Barrutia, J. M. (2019). Aplicación de un análisis clúster para el estudio de la segregación social en el municipio de Bilbao. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81, 2763, 1–35. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2763>
- Airbnb, Inc. (2021). *About Us*. *Airbnb News*. Recuperado de <https://news.airbnb.com/about-us/>
- Alfonso Sánchez, R. (2016). Economía colaborativa: un nuevo mercado para la economía social. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, (88), 230-258. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.88.9255>
- Alfonso Sánchez, R., & Burillo Sánchez, F. J. (2017). La economía llamada “colaborativa”. En R. Alfonso Sánchez & J. Valero Torrijos (dir.), *Retos Jurídicos de la Economía Colaborativa en el Contexto Digital* (pp. 49-72). Cizur Menor (Navarra): Thompson Reuters Aranzadi.

- Amore, A., de Bernardi, C., & Arvanitis, P. (2020). The impacts of Airbnb in Athens, Lisbon and Milan. A rent gap theory perspective. *Current Issues in Tourism*. <https://doi.org/10.1080/13683500.2020.1742674>
- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association-LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Arias Sans, A., & Quaglieri-Domínguez, A. (2016). Unravelling Airbnb: Urban perspectives from Barcelona. *Reinventing the Local in Tourism: Producing, Consuming and Negotiating Place*, 73, 209-228. Recuperado de https://www.academia.edu/24653298/Unravelling_Airbnb_Urban_Perspectives_from_Barcelona
- Ayuntamiento de Bilbao (2017). *Bilbao adecúa su normativa a la ley vasca de turismo en relación a las viviendas turísticas*. Recuperado de <https://bit.ly/3csTD3n>
- Bashir, M., & Verma, R. (2016). Airbnb disruptive business model innovation: Assessing the impact on hotel industry. *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 14(4), 2595-2604.
- Benítez-Aurioles, B. (2018). The role of distance in the peer-to-peer market for tourist accommodation. *Tourism Economics*, 24(3), 237-250. <https://doi.org/10.1177/1354816617726211>
- Bilbao Turismo & Convention Bureau (2020). *Estadísticas*. Recuperado de <https://www.bilbaoturismo.net/BilbaoTurismo/es/datos-y-estadisticas>
- Botsman, R., & Rogers, R. (2010). *What's mine is yours. The rise of collaborative consumption*. New York (US): Harper Collin.
- Brousseau, F. (2015). *Analysis of the impacts of short-term rentals on housing*. San Francisco: City and County of San Francisco. Recuperado de <https://sfbos.org/sites/default/files/FileCenter/Documents/52601-BLA.ShortTermRentals.051315.pdf>
- Bruno, B., & Faggini, M. (2017). Sharing economy: for an economic taxonomy. *International Journal of Economics and Finance*, 9(6), 174-178. <https://doi.org/10.5539/ijef.v9n6p174>
- Bulchand, J., & Melian, S. (2018). *La revolución de la economía colaborativa*. Madrid: LID Editorial.
- Cañigüeral, A. (2016). Hacia una economía colaborativa «responsable». *Oikonomics*, 6, 16-27. <https://doi.org/10.7238/o.n6.1603>
- Cliff, A. D., & Ord, K. (1970). Spatial Autocorrelation: A Review of Existing and New Measures with Applications. *Economic Geography*, 46(1), 269-292. <https://doi.org/10.2307/143144>
- Cocola-Gant, A., & Gago, A. (2019). Airbnb, buy-to-let investment and tourism-driven displacement: A case study in Lisbon. *Environment and Planning A*. <https://doi.org/10.1177/0308518X19869012>
- Cocola-Gant, A., & Lopez-Gay, A. (2020). Transnational gentrification, tourism and the formation of 'foreign only' enclaves in Barcelona. *Urban Studies*, 57(15), 3025-3043. <https://doi.org/10.1177/0042098020916111>
- Colomb, C., & Novy, J. (Eds.). (2016). *Protest and resistance in the tourist city*. New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315719306>
- Contu, G., Conversano, C., Frigau, L., & Mola, F. (2019). The impact of Airbnb on hidden and sustainable tourism: the case of Italy. *International Journal of Tourism Policy*, 9(2), 99-130. <https://doi.org/10.1504/IJTP.2019.102627>
- Crommelin, L., Troy, L., Martin, C., & Pettit, C. (2018). Is Airbnb a sharing economy superstar? Evidence from five global cities. *Urban Policy and Research*, 36(4), 429-444. <https://doi.org/10.1080/08111146.2018.1460722>
- Departamento de Planificación Territorial, Vivienda y Transportes (2019). *Estadísticas del Mercado de Alquiler*. Recuperado de <https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/-estadistica-del-mercado-de-alquiler-ema/>
- Dogru, T., Mody, M., Suess, C., Line, N., & Bonn, M. (2020). Airbnb 2.0: Is it a sharing economy platform or a lodging corporation? *Tourism Management*, 78, 104049. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.104049>
- Duso, T., Michelsen, C., Schäfer, M., & Tran, K. (2020). Airbnb and rents: Evidence from Berlin. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3676909>

- Enciso Santocildes, M., Mugarra Elorriaga, A., Muñecas Izaguirre, I., & Ruíz Martínez, A. (2019). Economía colaborativa vs economía de plataforma: el caso Fairbnb y sus principios inspiradores desde la economía de cooperación. *Boletín de Estudios Económicos*, 74(227), 259-283.
- Eugenio-Martin, J. L., Cazorla-Artiles, J. M., & González-Martel, C. (2019). On the determinants of Airbnb location and its spatial distribution. *Tourism Economics*, 25(8), 1224-1244. <https://doi.org/10.1177/1354816618825415>
- Eustat (2018). *Estadística de Renta Personal y Familiar*. Recuperado de https://www.eustat.eus/tema_395/opt_0/tipo_4/estad/temalista.html
- Eustat (2019a). *Estadística Municipal de Actividad*. Recuperado de https://www.eustat.eus/tema_276/opt_1/tipo_4/estad/temalista.html
- Eustat (2019b). *Estadística Municipal de Educación*. Recuperado de https://www.eustat.eus/tema_271/opt_1/tipo_4/estad/temalista.html
- Eustat (2019c). *Estadística Municipal de Habitantes*. Recuperado de https://www.eustat.eus/bankupx/pxweb/es/spanish/-/PX_2212_ep06b.px
- Eustat (2019d). *Estadística Municipal de Viviendas*. Recuperado de https://www.eustat.eus/bancopx/spanish/id_3700/indiceRR.html
- Eustat (2020). *Estadística Municipal de Viviendas*. Recuperado de https://www.eustat.eus/estadisticas/tema_274/opt_1/ti_estadistica-municipal-de-viviendas/temas.html
- Farmaki, A., Christou, P., & Saveriades, A. (2020). A Lefebvrian analysis of Airbnb space. *Annals of Tourism Research*, 80, 102806. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2019.102806>
- Ferreri, M., & Sanyal, R. (2018). Platform economies and urban planning: Airbnb and regulated deregulation in London. *Urban Studies*, 55(15), 3353-3368. <https://doi.org/10.1177/0042098017751982>
- Fierro, A., & Salmón, C. (2018). El impacto del turismo en el Casco Viejo de Bilbao mediante los modelos de economía colaborativa: una aproximación a través de una distribución binomial negativa. *Lurralde: Investigación y Espacio*, 41, 175-201. Recuperado de <http://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur41/41fierro.pdf>
- Franklin, A. (2016). Journeys to the Guggenheim Museum Bilbao: towards a revised Bilbao effect. *Annals of Tourism Research*, 59, 79-92. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2016.04.001>
- Freytag, T., & Bauder, M. (2018). Bottom-up touristification and urban transformations in Paris. *Tourism Geographies*, 20(3), 443-460. <https://doi.org/10.1080/14616688.2018.1454504>
- Gainza, X. (2017). Culture-led neighbourhood transformations beyond the revitalisation/gentrification dichotomy. *Urban Studies*, 54(4), 953-970. <https://doi.org/10.1177/0042098016630507>
- Getis, A., & Ord, K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 24, 189-206. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x>
- Gil, J., & Sequera, J. (2020). The professionalization of Airbnb in Madrid: Far from a collaborative economy. *Current Issues in Tourism*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/13683500.2020.1757628>
- Gobierno Vasco (2020). *Alojamientos turísticos de Euskadi*. Recuperado de <https://opendata.euskadi.eus/catalogo/-/alojamientos/>
- González, S. (2011). Bilbao and Barcelona 'in motion'. How urban regeneration 'models' travel and mutate in the global flows of policy tourism. *Urban Studies*, 48(7), 1397-1418. <https://doi.org/10.1177/0042098010374510>
- Gössling, S., & Hall, C. M. (2019). Sharing versus collaborative economy: how to align ICT developments and the SDGs in tourism? *Journal of Sustainable Tourism*, 27(1), 74-96. <https://doi.org/10.1080/09669582.2018.1560455>
- Gurran, N., & Phibbs, P. (2017). When tourists move in: How should urban planners respond to Airbnb? *Journal of the American Planning Association*, 83(1), 80-92. <https://doi.org/10.1080/01944363.2016.1249011>
- Gutiérrez, J., García-Palomares, J. C., Romanillos, G., & Salas-Olmedo, M. H. (2017). The eruption of Airbnb in tourist cities: Comparing spatial patterns of hotels and peer-to-peer accommodation in Barcelona. *Tourism Management*, 62, 278-291. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.05.003>

- Guttentag, D. (2015). Airbnb: disruptive innovation and the rise of an informal tourism accommodation sector. *Current issues in Tourism*, 18(12), 1192-1217. <https://doi.org/10.1080/13683500.2013.827159>
- Guttentag, D. A., & Smith, S. L. J. (2017). Assessing Airbnb as a disruptive innovation relative to hotels: Substitution and comparative performance expectations. *International Journal of Hospitality Management*, 64, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2017.02.003>
- Guttentag, D., Smith, S., Potwarka, L., & Havitz, M. (2018). Why Tourists Choose Airbnb: A Motivation-Based Segmentation Study. *Journal of Travel Research*, 57(3), 342-359. <https://doi.org/10.1177/0047287517696980>
- INE (2020). *Encuesta de ocupación hotelera*. Recuperado de <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=2078>
- Inside Airbnb (2019). *Get the Data*. Recuperado de <http://insideairbnb.com/get-the-data.html>
- Ioannides, D., Röslmaier, M., & van der Zee, E. (2019). Airbnb as an instigator of 'tourism bubble' expansion in Utrecht's Lombok neighbourhood. *Tourism Geographies*, 21(5), 822-840. <https://doi.org/10.1080/14616688.2018.1454505>
- Jarne Muñoz, P. (2016). El consumo colaborativo en España: experiencias relevantes y retos de futuro. *Revista CESCO de Derecho de Consumo*, (17), 62-75. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10578/20557>
- Kadi, J., Plank, L., & Seidl, R. (2019). Airbnb as a tool for inclusive tourism? *Tourism Geographies*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/14616688.2019.1654541>
- Kaplan, R. A., & Nadler, M. L. (2015). Airbnb: A Case Study in Occupancy Regulation and Taxation. *University of Chicago Law Review Online*, 82(1), 7. Recuperado de http://chicagounbound.uchicago.edu/uclrev_online/vol82/iss1/7
- Lee, D. (2016). How Airbnb short-term rentals exacerbate Los Angeles's affordable housing crisis: Analysis and policy recommendations. *Harvard Law & Policy Review*, 10, 229-253. Recuperado de https://harvardlpr.com/wp-content/uploads/sites/20/2016/02/10.1_10_Lee.pdf
- Moran, P.A.P. (1948). The Interpretation of Statistical Maps. *Journal of the Royal Statistical Society*, 10(2), 243-251. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1948.tb00012.x>
- Nieuwland, S., & van Melik, R. (2020). Regulating Airbnb: How cities deal with perceived negative externalities of short-term rentals. *Current Issues in Tourism*, 23(7), 811-825. <https://doi.org/10.1080/13683500.2018.1504899>
- Observatorio Vasco de la Vivienda (2020). *GIS Observatorio Vasco de la Vivienda*. Recuperado de https://www.etxebide.euskadi.eus/x39-ovad05/es/contenidos/informacion/ovv_gises_berria/es_def/index.shtml
- Opendata Euskadi (2020). Alojamientos turísticos de Euskadi. Recuperado de <https://opendata.euskadi.eus/catalogo/-/alojamientos/>
- Oskam, J., & Boswijk, A. (2016). Airbnb: the future of networked hospitality businesses. *Journal of Tourism Futures*, 2(1), 22-42. <http://dx.doi.org/10.1108/JTF-11-2015-0048>
- Palgan, Y. V., Zvolaska, L., & Mont, O. (2017). Sustainability framings of accommodation sharing. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 23, 70-83. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.12.002>
- Palos-Sanchez, P. R., & Correia, M. B. (2018). The collaborative economy based analysis of demand: Study of Airbnb case in Spain and Portugal. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 13(3), 85-98. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-18762018000300105>
- Paulauskaite, D., Powell, R., Coca-Stefaniak, J.A., & Morrison, A. M. (2017). Living like a local: Authentic tourism experiences and the sharing economy. *International Journal of Tourism Research*, 19(6), 619-628. <https://doi.org/10.1002/jtr.2134>
- Plaza, B., & Haarich, S. N. (2015). The Guggenheim Museum Bilbao: Between regional embeddedness and global networking. *European Planning Studies*, 23(8), 1456-1475. <https://doi.org/10.1080/09654313.2013.817543>
- Quattrone, G., Proserpio, D., Quercia, D., Capra, L., & Musolesi, M. (2016, February). Who Benefits from the 'Sharing' Economy of Airbnb. En *WWW 2016: 25th International Conference on World Wide Web*, (pp. 11-15). 11-15 April 2016, Montreal, Canada. <https://doi.org/10.1145/2872427.2874815>

- Sastre Centeno, J. M., & Inglada Galiana, M. E. (2018). La economía colaborativa: un nuevo modelo económico. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 94, 219-250. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.94.12109>
- Schäfer, P., & Braun, N. (2016). Misuse through short-term rentals on the Berlin housing market. *International journal of housing markets and analysis*. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 9(2), 287-311. <https://doi.org/10.1108/IJHMA-05-2015-0023>
- Schor, J. (2016). Debating the sharing economy. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, 4(3), 7-22. <https://doi.org/10.22381/JSME4320161>
- Sequera, J., & Nofre, J. (2020). Touristification, transnational gentrification and urban change in Lisbon: The neighbourhood of Alfama. *Urban Studies*, 57(15), 3169-3189. <https://doi.org/10.1177/0042098019883734>
- Sheppard, S., & Udell, A. (2016). *Do Airbnb properties affect house prices?* Williamstown, MA, USA: Williams College Economics. Recuperado de <http://www.econis.eu/PPNSET?PPN=875707955>
- Spangler, I. (2020). Hidden value in the platform's platform: Airbnb, displacement, and the unhoming spatialities of emotional labour. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 45(3), 575-588. <https://doi.org/10.1111/tran.12367>
- Sperling, G. (2015). *How Airbnb combats middle class income stagnation*. Recuperado de https://www.cedarcityutah.com/wp-content/uploads/2015/07/MiddleClassReport-MT-061915_r1.pdf
- Stephany, A. (2015). *The Business of Sharing: Making it in the New Sharing Economy*. London: Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1057/9781137376183>
- Sung, E., Kim, H., & Lee, D. (2018). Why Do People Consume and Provide Sharing Economy Accommodation?—A Sustainability Perspective. *Sustainability*, 10(6), 2072. <http://dx.doi.org/10.3390/su10062072>
- Tobler, W. R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46(sup1), 234-240. <https://doi.org/10.2307/143141>
- Wachsmuth, D., & Weisler, A. (2018). Airbnb and the rent gap: Gentrification through the sharing economy. *Environment and Planning, A*, 50(6), 1147-1170. <https://doi.org/10.1177/0308518x18778038>
- Wang, D., & Nicolau, J. L. (2017). Price determinants of sharing economy based accommodation rental: A study of listings from 33 cities on Airbnb.com. *International Journal of Hospitality Management*, 62, 120-131. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2016.12.007>
- Wegmann, J., & Jiao, J. (2017). Taming Airbnb: Toward guiding principles for local regulation of urban vacation rentals based on empirical results from five US cities. *Land Use Policy*, 69, 494-501. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.09.025>
- Xu, F., Hu, M., La, L., Wang, J., & Huang, C. (2019). The influence of neighbourhood environment on Airbnb: A geographically weighed regression analysis. *Tourism Geographies*, 22(1), 192-209. <https://doi.org/10.1080/14616688.2019.1586987>
- Young, C. A., Corsun, D. L., & Xie, K. L. (2017). Travelers' preferences for peer-to-peer (P2P) accommodations and hotels. *International Journal of Culture, Tourism and Hospitality Research*, 11(4), 465-482. <http://dx.doi.org/10.1108/IJCTHR-09-2016-0093>
- Yrigoy, I. (2019). Rent gap reloaded. Airbnb and the shift from residential to touristic rental housing in the Palma Old Quarter in Mallorca, Spain. *Urban Studies*, 56(13), 2709-2726. <https://doi.org/10.1177/0042098018803261>
- Zervas, G., Proserpio, D., & Byers, J. W. (2017). The rise of the sharing economy: Estimating the impact of Airbnb on the hotel industry. *Journal of Marketing Research*, 54(5), 687-705. <https://doi.org/10.1509/jmr.15.0204>

Cita bibliográfica: Esteban Rodríguez, S., & Fernández Portela, J. (2021). Cambios en las pautas de localización de las bodegas del entorno de la ciudad de Borja (Zaragoza). *Investigaciones Geográficas*, (76), 119-139. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18635>

Cambios en las pautas de localización de las bodegas del entorno de la ciudad de Borja (Zaragoza)

Changes in the location guidelines of the wineries around the city of Borja (Zaragoza)

Samuel Esteban Rodríguez¹ 
Julio Fernández Portela^{2*} 

Resumen

Las transformaciones en el sector de la vid y el vino han supuesto cambios importantes en los viñedos y en las bodegas de las comarcas vitivinícolas. Estos espacios se han centrado en la elaboración de vinos de calidad bajo alguna figura de protección y que están destinados a mercados cada vez más numerosos, diversos y exigentes. El objetivo de este trabajo consiste en analizar las pautas de localización de las bodegas en el municipio zaragozano de Borja, desde las bodegas rupestres hasta las nuevas bodegas industriales. Para ello se ha elaborado cartografía en la que se reflejan diversas variables que permitan explicar las nuevas pautas de localización, así como la realización de entrevistas a diversos agentes implicados en el sector. Los resultados reflejan cambios significativos en la localización espacial de las bodegas y en su estructura, las cuales abandonan las laderas de los cerros para instalarse en las proximidades de los ejes de comunicación, en las zonas bajas del municipio. Esto es debido a la existencia de mejores comunicaciones, pero también por los cambios en el sistema productivo y de gestión. De forma adicional, recientemente, se está viendo una nueva lógica en la ubicación de las bodegas, en especial de aquellas que elaboran vinos más exclusivos, con emplazamientos que priman el valor ambiental y paisajístico frente al funcional.

Palabras clave: Sector vitivinícola; DOP Borja; bodegas rupestres; bodegas industriales; bodegas de corte elitista; nuevos emplazamientos; sistema productivo.

Abstract

The transformations in the wine sector have led to important changes in the vineyards and wineries of the wine regions. These spaces have focused on the production of quality wines (under some form of protected designation of origin) and that are destined for increasingly numerous, diverse, and demanding markets. The objective of this work is to analyse the location guidelines of wineries in the Zaragoza municipality of Borja (from cave wineries to new industrial wineries). Maps have been drawn showing the various variables that explain the new location guidelines, and interviews have been conducted with various agents involved in the sector. The results reflect significant changes in the spatial location of wineries and in their structure, many of which have left the hills to settle near the communication centres in the lower areas of the municipality. Production and management systems have also changed. However,

1 Grupo de Estudios de Ordenación del Territorio (GEOT). Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio - Universidad de Zaragoza, España. sestebanr@unizar.es

2 Grupo de Investigación VITISUNED. Departamento de Geografía - Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), España. jfportela@geo.uned.es. * Autor para correspondencia

recently, a new logic is being seen in the location of wineries, especially those that make more exclusive wines, with locations that prioritise environmental and landscape values over functional value.

Keywords: Wine sector; DOP Borja; troglodyte wineries; industrial wineries; elitist-style wineries; new locations; productive system.

1. Introducción

A lo largo de la historia la actividad vitivinícola ha configurado el paisaje en las áreas productoras de vino, tanto en lo que respecta al viñedo como a las bodegas. La diversidad en los sistemas de plantación (vaso, espaldera, emparrado...), en los marcos de plantación, en las variedades de uva, en el tipo de suelo o en su ubicación (bancales, laderas, llanuras, etc.) ha construido una amplia diversidad paisajística de la geografía de la vid en toda España, tanto en viñedos peninsulares como insulares, dando lugar a paisajes tan contrastados como los volcánicos de la Geria en Lanzarote, los abancalados de la Ribeira Sacra y las Arribes del Duero, o los viñedos en llanuras como los de La Mancha, la Ribera del Duero o los del Campo de Borja.

Esta diversidad paisajística se amplía si se tienen en cuenta otros espacios vitivinícolas en el mundo. La vid y el vino han conseguido configurar espacios con unas características específicas que otorgan identidad propia al territorio, haciendo que cada espacio sea único (Rocchi y Gabbai, 2013). Ejemplo de ello es la región vitícola del Alto Duero en Portugal donde el medio natural, la singularidad del terreno, las tradiciones agrícolas y la propia historia, han permitido su declaración como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 2001 (Macedo, 2011).

Las complejas relaciones entre las actividades humanas y los accidentes geográficos dan lugar a una variedad contrastada de paisajes del viñedo, como sucede en Italia, con vides desde los abruptos bancales en la Liguria hasta las extensas planicies con ligeras ondulaciones en Sicilia (Amato y Valleta, 2017).

Otro aspecto a mencionar, es el papel que adquiere el enoturismo a la hora de la conformación de los paisajes del vino como ha sucedido en la provincia de Mendoza (Argentina), donde el desarrollo de esta tipología turística y, en este caso, de carácter más acomodado, da lugar al desarrollo de enclaves que requieren unas características estéticas determinadas (Pastor, Torres y Marinsalda Pastor, 2020), como por ejemplo la construcción de bodegas con hoteles de diseños a cargo de arquitectos vanguardistas en la enoarquitectura. En definitiva, estos son algunos ejemplos que reflejan la diversidad de factores que influyen en la conformación del paisaje vitivinícola, donde las bodegas, y su localización, han jugado, y lo siguen haciendo en la actualidad, un papel fundamental a lo largo de la historia.

Las bodegas tradicionales constituyen un elemento esencial en la arquitectura popular de este tipo de paisajes. Además de su papel socio-económico, otorgan valores identitarios al territorio por las peculiaridades que presenta su construcción. Principalmente se distinguen dos tipos: el primero se corresponde con las ubicadas en las casas, habitualmente en el subsuelo. En el segundo tipo se encuentran las bodegas construidas en el exterior. Estas se erigían aprovechando las características orográficas del terreno: desniveles y laderas de los cerros, cuevas y tesos donde predominan materiales blandos como calizas, margas, yesos o arcillas. Estas últimas van a incidir en la conformación del paisaje vitivinícola pues van a ser visibles. Se caracterizan por una tipología arquitectónica muy concreta, aunque presentan ciertos matices entre comarcas (González Hinojo, 1995; Cañas Guerrero, Fuentes Pardo y Martín Ocaña, 2006; Martín Martín, 2016; Jové Sandoval, 2018).

Estas bodegas se agrupan formando barrios, con sus propias calles, construidos en terrenos que podían pertenecer al Concejo o a los Ayuntamientos. La mayoría de estos barrios de bodegas se encuentran anexos a la trama urbana, en ocasiones alejadas del mismo y, también, en algunos casos, debido a la expansión del municipio, han quedado inmersos dentro de la misma conviviendo en la actualidad con las casas (Palacios García, 2014).

En el caso de Borja, las antiguas bodegas ubicadas en dependencias de monasterios o bajo casas, ocuparon nuevos espacios en el siglo XIX. Su expansión se llevó a cabo en forma de bodegas excavadas en la ladera, y en el año 1843 se registra la primera solicitud para construir una bodega en el monte (Chueca Yús, 2004).

En el último tercio del siglo XIX el número de bodegas excavadas en los cerros aumentó a causa de la crisis de la filoxera en Francia. Esta crisis en el país galo repercutió en el sector provocando un incremento de la superficie de vides, de la producción de vino y de la expansión de las bodegas tradicionales. Históricamente,

en las características técnicas de las explotaciones dominaba la pequeña y fragmentada explotación. Los vinos que se elaboraban en las bodegas tradicionales estaban destinados a un mercado más reducido, menos exigente y cercano, especialmente local y comarcal, aunque en algunos casos, también nacional. Tuvieron que adaptarse a la nueva coyuntura económica. A esta situación, hay que sumar el hecho de que en Francia los vinos se pagaban a un precio más alto, un factor que repercutió en la expansión del sector (Chueca Yús, 2004).

Posteriormente, a lo largo del siglo XX y, especialmente, a partir de los años 50, aparecieron nuevos tipos de bodega que reemplazaron, paulatinamente, a las antiguas bodegas ubicadas en cerro (Huetz de Lemps, 1967a; 1967b). La industrialización desarrolló un modelo basado en grandes instalaciones, que permitían el abastecimiento de los incipientes mercados urbanos (Sánchez Hernández, Aparicio Amador y Alonso Santos, 2010). Sin embargo, este cambio en el modelo de producción ha provocado un grave problema en el mantenimiento y conservación de las viejas bodegas, muchas de las cuales, están abocadas a la desaparición si no se ponen en marcha políticas que contribuyan a conservar este patrimonio etnográfico (Fernández Portela y García Velasco, 2014).

Además de la repercusión de estos cambios en las bodegas, los viñedos también se vieron afectados. Tuvieron lugar importantes transformaciones en las explotaciones. Entre los cambios más significativos destacan los abandonos y arranques de las viñas viejas para ser replantadas, en algunas ocasiones, por nuevas variedades, con marcos de plantación más intensivos. Con ello se perseguía incrementar la producción de uva por hectárea que permitiera hacer frente a las nuevas demandas de los consumidores, hacer que los cultivos fueran más rentables, luchar contra la fuerte competencia del sector con precios más competitivos, así como a los nuevos gustos de los consumidores que demandan vinos de diversas variedades de uva, con diferentes aromas y colores y nuevas sensaciones en los paladares.

Actualmente, la industria vitivinícola se ha enfocado hacia la elaboración de vinos de calidad (Loscertales, Escalona y Climent, 2011; Steakley y Steakley, 2020), amparados en alguna figura de protección, en especial las Denominaciones de Origen Protegidas (DOP), que se han expandido por toda España, 96 en total³, que abarcan una parte significativa de las tradicionales comarcas vitivinícolas. Para ello ha sido necesario la puesta en práctica de un sistema de innovación vitivinícola que integra a diversos agentes, públicos y privados, como son los Consejos Reguladores, las estaciones enológicas, las universidades, los Servicios de Investigación y Tecnología Agraria de las Comunidades Autónomas, las escuelas de capacitación agraria, los laboratorios, los viveros de vides, etc., que han modificado el tradicional modelo vitivinícola, así como el entramado socioeconómico y cultural (Alonso Santos, 2003; Sánchez Hernández, 2003).

El desarrollo de la nueva cultura del vino (Bujan, 2003) supone un cambio dentro del sector, pues el vino deja de ser demandado eminentemente como producto alimenticio y ganan protagonismo otras convenciones de calidad (Alonso Santos, Aparicio Amador y Sánchez Hernández, 2003; Martínez-Carrasco, Brugarolas y Martínez-Poveda, 2005; Ruiz Budría *et al.*, 2013). Este nuevo paradigma dirige al sector hacia una producción orientada a mercados personalizados que demandan productos de alta calidad. En España incluso se ha llegado a reconocer legalmente una figura de protección específica, el Pago Vitícola, que se asocia de forma directa a este modelo de producción (Esteban Rodríguez, 2017). Este se ha expandido por la mayor parte de las denominaciones de origen españolas, en ocasiones a cargo de capital local, pero en otros casos con capital procedente de empresas que se encuentran presentes en otras comarcas vitivinícolas españolas y extranjeras (Escalona Orcao, Loscertales Palomar y Climent López, 2013).

Desde un punto de vista territorial, la conexión entre paisaje, bodegas y vino de calidad contribuye a promover el desarrollo en los territorios rurales. La construcción de nuevas bodegas elaboradoras de vinos de calidad tienen en cuenta los instrumentos de planificación urbana para mejorar y renovar el espacio rural (Camaioni y D'Onofrio, 2016). Es por ello que las bodegas han seguido siempre unas pautas estratégicas en su localización atendiendo a factores naturales y económicos principalmente.

En lo referente a la localización de las bodegas subterráneas, López Ocón (2015) destaca aspectos como la proximidad al núcleo urbano o la facilidad de construcción al aprovechar la inercia térmica del terreno y poder realizar la excavación en la tierra. Se utilizaban para la elaboración del vino y tenían carácter funcional. Estas bodegas son las más significativas y extendidas en el municipio de Borja.

3 Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019. https://www.mapa.gob.es/es/cartografia-y-sig/publicaciones/alimentacion/mapa_dop_vinos.aspx

Por otro lado, las grandes bodegas industriales se dirigen a la obtención de economías de escala, reduciendo los costes unitarios. Se erigen en emplazamientos próximos a carreteras, en espacios con buenas comunicaciones, y cerca de los viñedos. Cabe esperar, por tanto, que tiendan a instalarse en lugares que permitan maximizar el potencial de distribución en espacios bien comunicados y accesibles.

Finalmente, muy orientadas a la producción de alta calidad y, también, como consecuencia del interés que ha despertado en las últimas décadas el turismo del vino, destacan las bodegas del modelo *château* (Aparicio Amador, Sánchez Hernández, Alonso Santos y Rodero González, 2008). Éstas últimas, tienden a emplazarse en entornos más idílicos y atractivos, habitualmente rodeadas de viñedo y parajes de gran belleza, que aprovechan para la organización de actividades de enoturismo (Miranda Escolar y Fernández Morueco, 2011; Plaza Tabasco, Cañizares Ruiz y Ruiz Pulpón, 2017).

La actividad vitivinícola, viñedos y bodegas, constituyen un binomio clave para comprender la historia socio-económica de la comarca de Borja y la organización de su territorio. La producción de vino ha estado presente en este espacio desde hace siglos y se ha convertido en un producto que, aparte de dinamizar y diversificar la economía local, contribuye a la creación de un sentimiento de identidad en torno a esta bebida y de arraigo en el territorio.

La evolución de esta actividad económica se ha ido transformando con el paso de los siglos, adaptándose a las nuevas coyunturas de mercado exigidas por los consumidores. La competencia del sector es cada vez más fuerte con un mayor número de vinos producidos en numerosas comarcas españolas, así como en otros territorios del mundo, que luchan por ser elegidos por los consumidores. Estas circunstancias que se han sucedido a lo largo del tiempo han repercutido en la industria y en el paisaje vitivinícola que ha tenido que adaptarse a los cambios que se iban produciendo.

Respecto a los viñedos, estas transformaciones han modificado los paisajes de la vid y el vino, pues han afectado a los tipos de variedades cultivadas, a los sistemas y los marcos de plantación; también, a los tipos de poda. Así mismo, más recientemente, como consecuencia del cambio climático, a su localización espacial, apareciendo la vid en lugares poco habituales hasta la fecha. Una situación similar ha ocurrido en el caso de las bodegas. Para poder hacer frente a las nuevas demandas del mercado y cumplir los reglamentos sanitarios, han experimentado notables cambios en sus instalaciones y emplazamientos.

Es aquí donde se enmarca este trabajo de investigación, y cuyo objetivo es analizar la lógica locacional de los diferentes tipos de bodega en el entorno de la ciudad de Borja. Para ello se ha considerado la distribución de las bodegas tradicionales excavadas en las laderas, también llamadas rupestres (Chueca Yus, 2004), las industriales y las nuevas bodegas surgidas al albur de la nueva cultura del vino. Se ha partido de la hipótesis de que cada tipo de bodega sigue unas pautas de localización propias y diferentes entre sí. Para dilucidar esta hipótesis se ha analizado la distribución de las bodegas en relación con su modelo productivo.

2. Metodología

El área de estudio se caracteriza por ser una zona histórica en la producción de vino y tiene como núcleo central la localidad de Borja, que ejerce de centro económico, social y cultural de este espacio. El Campo de Borja es desde 1980 una Denominación de Origen Protegida (DOP) de vino ubicada en la provincia de Zaragoza; dentro de ella, se ha analizado la distribución de las bodegas ubicadas en Borja y el entorno de Maleján (Figura 1).

Actualmente en la DOP Campo de Borja hay inscritas 18 bodegas⁴ y 6.301 hectáreas de viñedo⁵, con dominio de la variedad garnacha, seña de identidad de la comarca. En la zona, existen referencias al viñedo documentadas por escrito en los archivos del Monasterio de Veruela desde el año 1203. Se trata de unas donaciones de viñas del área de Magallón al quinto Abad de Veruela, tal como recoge el pliego de la DOP⁶. Desde entonces y sin interrupciones la zona ha estado ligada a la producción de vino, por lo que la tipología de bodegas ha ido evolucionando con el paso del tiempo en función de los sistemas productivos.

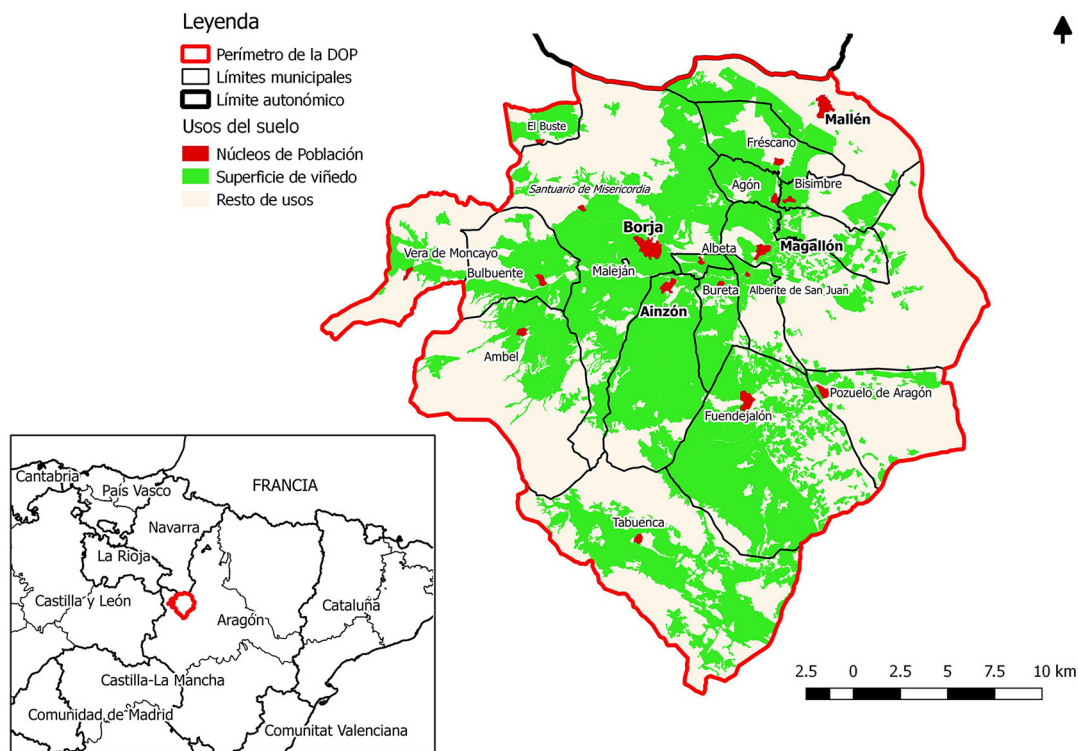
En primer lugar, se ha elaborado una clasificación de las bodegas en función de su localización y, posteriormente, se ha puesto en relación con elementos tales como la topografía del relieve (laderas); el emplazamiento de los viñedos; la situación de los núcleos urbanos y de las vías de comunicación.

4 Consejo Regulador de la DOP Campo de Borja en 2020.

5 Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) 2018.

6 Pliego de Condiciones de la DOP Campo de Borja, URL: https://www.mapa.gob.es/images/en/Campo_de_Borja_tcm38-211462.pdf

Figura 1. Límites administrativos y distribución del viñedo en la DOP Campo de Borja



Fuente: Base Topográfica Nacional 1:100.000 y 1:500.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), límites municipales (IGN) y polígonos con viñedo de la base de datos de ocupación del suelo en España (SIOSE) de 2014 (IGN). Elaboración propia

En el entorno de la ciudad de Borja se distinguen tres tipos fundamentales de bodegas:

- Bodegas “rupestres” excavadas en el suelo o en laderas y que se corresponden con un modelo de producción a pequeña escala, anterior a la industrialización. Se encuentran formadas por bodegas de reducidas dimensiones que eran abastecidas por pequeños viñedos.
- Bodegas asociadas al modelo de producción industrial. Son las bodegas cooperativas de gran tamaño fundadas con anterioridad a la creación de la DOP, o bien las bodegas derivadas de la fusión de éstas o sus comercializadoras. Predominan las economías de escala, por lo que pueden alcanzar una producción alta, competir en precios y abastecer mercados de gran tamaño.
- Bodegas creadas *ex novo*⁷, con posterioridad a la constitución de la DOP y que se asocian con una producción agroalimentaria de la más alta calidad. Se trata de bodegas de pequeño tamaño que producen vino orientado a mercados elitistas, y que se podría denominar “modelo interpersonal” (Sánchez Hernández *et al.*, 2010). En este modelo, las características del producto tienen mayor protagonismo que el propio precio en cuanto a competencia entre empresas (Salais y Storper, 1992).

A la hora de elaborar la cartografía para conocer la disposición espacial de cada tipo de bodega, ha sido fundamental la información obtenida en documentos históricos; aquella proporcionada por vecinos del área de estudio y, en especial, el trabajo de campo. Los mapas resultantes son esenciales para poder comprender la lógica en el emplazamiento de este tipo de industria en sus orígenes y ver cómo ha evolucionado hasta la actualidad. Dentro de estos tres tipos de bodegas, para la elaboración de los mapas, se ha distinguido entre las bodegas rupestres sin actividad (pero con presencia física en el territorio), las bodegas que han desaparecido y aquellas que se encuentran operativas (con actividad comercial en la actualidad).

Para cartografiar las bodegas rupestres sin actividad se ha partido de un esquema de distribución de los principales focos de este tipo de bodega. Algunos de ellos ya estaban recogidos en el Mapa de Borja de

⁷ Bodegas creadas de forma independiente a las de tipo industrial en las que la calidad del vino tiene un papel predominante. Además, suelen ubicarse en entornos con calidad paisajística.

1853 elaborado por Francisco Coello⁸. El esquema se ha elaborado teniendo en cuenta aquellas que son visibles desde la carretera o el núcleo urbano. Posteriormente, se ha complementado mediante entrevistas a miembros de la cooperativa, responsables de bodegas y vecinos. En estas reuniones se ha hablado con vecinos titulares de bodegas rupestres, miembros y antiguos responsables de la cooperativa y propietarios de bodegas creadas con posterioridad a la constitución de la DOP. Han consistido en entrevistas en profundidad, efectuadas tanto de forma presencial como telefónica. En ellas, además de ubicar las diferentes bodegas, se ha recogido información acerca de la evolución del sector, su situación actual y sus perspectivas de acuerdo a los nuevos modelos de producción.

La cartografía de las bodegas “rupestres” se ha realizado mediante fotointerpretación en campo, realizando una delimitación de áreas sobre imágenes del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) de 2015. La resolución espacial de estas imágenes no permite diferenciar con suficiente detalle los elementos de la bodega. Por ello se ha realizado la fotointerpretación a partir del trazado que presenta la estructura de calles a diferentes cotas de los barrios de bodegas. Este trabajo se ha llevado a cabo en el campo, a la vista de la realidad del terreno, lo que ha permitido obtener información complementaria respecto a las características de las bodegas como es la orientación a saliente o poniente y las características de su arquitectura, en particular las fachadas y las lumbresas. También se han hecho anotaciones sobre el estado de conservación. El resultado obtenido en esta etapa de la investigación, si bien no es una cartografía exhaustiva de todas las bodegas rupestres, permite conocer la distribución general de las que se conservan en la actualidad.

Por otro lado, se encuentran las bodegas desaparecidas. Es posible que entre las bodegas rupestres algunas hayan desaparecido sin dejar constancia. Sin embargo, su distribución general es conocida por las que todavía se conservan, pues son muy numerosas. En cambio, la identificación de las bodegas desaparecidas cobra mayor importancia en el caso de las primeras bodegas industriales instaladas en la zona que, a día de hoy, han cesado su actividad. La localización de estas últimas se ha identificado mediante información suministrada por los miembros de la cooperativa y los vecinos de la zona consultados.

Finalmente, las bodegas comerciales operativas, inscritas en la DOP, se han cartografiado a través de sus direcciones postales, verificando sobre el terreno la existencia de la bodega. Tras este proceso, se ha contactado telefónicamente con los responsables de las bodegas no cartografiadas correctamente. Éstas se han ubicado siguiendo las indicaciones del responsable. La Sociedad Cooperativa Agrícola de Borja es la bodega de mayor tamaño de todas las estudiadas y está compuesta por diversas naves. En este caso, se ha complementado la localización derivada de la información postal con fotointerpretación de sus principales instalaciones, utilizando como base imágenes del PNOA de 2018.

La distribución de cada tipo de bodega ha sido puesta en relación con otros elementos del territorio. En primer lugar, se ha considerado la aptitud del terreno para la construcción de bodegas. En segundo lugar, la proximidad a los núcleos de población y a los viñedos. Finalmente, en tercer lugar, se ha considerado el grado de accesibilidad, tomando como elemento de referencia la proximidad a infraestructuras viarias. Por ello, es necesario el uso de diversas fuentes para poder realizar el estudio y la cartografía.

En la zona de estudio predominan los relieves estructurales, siendo especialmente llamativa la muela de Borja. La muela enlaza a través de un relieve escalonado con el valle del río Huecha. Dado que es frecuente que las bodegas rupestres se encuentren ubicadas en las laderas de los cerros (Chueca Yus, 2004), la distribución de este tipo de bodegas se ha puesto en relación con el mapa de pendientes derivado del modelo digital del terreno con paso de malla de 5 m del Centro Nacional de Información Geográfica⁹. Así mismo, la distribución de las bodegas se ha puesto también en relación con un mapa de orientaciones derivado del mencionado modelo digital del terreno. La extensión de los núcleos de población ha variado con el tiempo. Este hecho se pone de manifiesto comparando el mapa de Borja en 1853 elaborado por Coello y la distribución de la cartografía catastral actual¹⁰. Pese a ello, en lo sustancial no ha habido grandes modificaciones, pues ninguna de las cabeceras municipales ha sido abandonada. Teniendo en cuenta estas consideraciones, se ha analizado la distribución de las bodegas atendiendo a la distribución actual de los núcleos de población.

8 Zaragoza (Provincia). Mapas generales. 1853. Zaragoza [Material cartográfico] por el Teniente Coronel, Capitán de Ingenieros Francisco Coello. Notas estadísticas e históricas escritas por Pascual Madoz; contorno por Raynaud; topografía por Labreton; y letra por Bacot. Escala 1:200.000 [Imp. Atlas de España], Madrid, 1853. N° 0244 del catálogo de Fondos Cartográficos del IGN, publicado en el año 2000. Signatura 30-C-8.

9 Modelo Digital del Terreno (5 metros) de España MDT05/MDT05-LIDAR Instituto Geográfico Nacional (IGN) <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/busquedaSerie.do?codSerie=MDT05>

10 Servicio WMS INSPIRE de la DG de Catastro. <http://ovc.catastro.meh.es/cartografia/INSPIRE/spadgcwms.aspx>

El viñedo, con 6.274 ha¹¹ en la comarca, tiene gran presencia en el área de estudio. La disposición de las bodegas se ha puesto en relación con la distribución del cultivo utilizando como fuente de información la base de datos de ocupación del suelo en España (SIOSE) de 2014 (IGN).

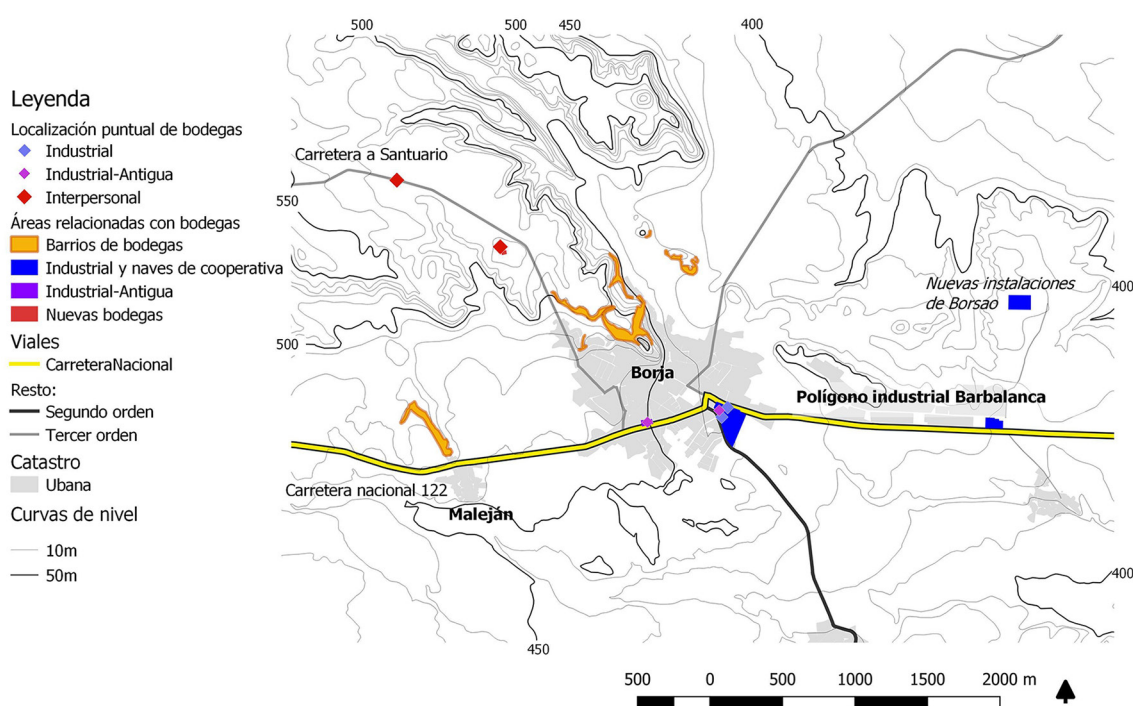
Finalmente, se ha tenido en cuenta la accesibilidad y, en especial, la relación de proximidad a los ejes de comunicación, como una pauta que influye en la actualidad a la hora de elegir el emplazamiento de las bodegas. En el área de estudio existe una carretera de la red principal, se trata de la Nacional 122 que enlaza Aragón con Castilla y León, especialmente importante en las comunicaciones entre la provincia de Soria y la de Zaragoza. Asimismo, en la zona de estudio se cuenta con 2 carreteras de segundo orden. La primera de ellas es la A-1303 que va de Borja a Ainzón y enlaza con el Jalón. La segunda, la A-1301, comunica Ainzón con Tabuena. Por otro lado, al norte de Borja se encuentran la CV-606 que se dirige hacia el Santuario de Misericordia y El Buste y la CP-2 hacia Mallén y Cortes. El trabajo realizado ha consistido en poner en relación la distribución de las bodegas con la distancia a cada uno de estos viales siguiendo la clasificación presente en la cartografía de vías de comunicación del IGN¹².

3. Resultados

La exposición de los resultados comienza por una descripción de la distribución general de las bodegas en el área de estudio. Posteriormente se analiza cada tipología en función de los elementos con los que se asocia su instalación y, por último, se analiza la evolución que han seguido a lo largo del tiempo en función de los cambios tecnológicos y del paradigma agroalimentario.

En el área de estudio los tipos de bodega analizados ocupan espacios diferenciados (Figura 2). Las bodegas rupestres se encuentran fundamentalmente en las laderas de los cerros ubicados en las proximidades de los núcleos urbanos de Borja y Maleján, mientras que las bodegas de corte industrial se encuentran próximas al espacio urbano y los polígonos industriales.

Figura 2. Localización de las bodegas en el entorno de la ciudad de Borja



Fuente: Cartografía de parcelas urbanas (Catastro) y base topográfica del IGN a escala 1:25.000. Elaboración propia. En la cartografía de bodegas industriales se han incluido las dependencias de la Cooperativa Agrícola de Borja en el polígono Barbalanca

11 Instituto Aragonés de Estadística: distribución general de tierras, cultivos leñosos por comarcas (2017). <https://aplicacionesportal.aragon.es/tablas/iaest/areas-tematicas/08-agricultura-industria-construccion/agricultura-ganaderia-selvicultura-y-pesca.html>

12 Información Geográfica de Referencia - Redes de Transporte 2017 - Instituto Geográfico Nacional (IGN) - <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/>

Atendiendo a la disposición del viñedo en el área de estudio, ambas tipologías se encuentran cercanas al mismo. Sin embargo, las bodegas de corte industrial, a diferencia de las bodegas rupestres no se localizan en las laderas. Lo hacen en torno a la carretera nacional que atraviesa la zona, donde cuentan con mayor accesibilidad, lo que permite un correcto desarrollo de las tareas que en ellas se desarrollan. Las bodegas industriales antiguas, ya desaparecidas, ocupaban una posición similar en el mapa a las nuevas, junto a la carretera, lo que facilitaba el transporte y la comunicación.

El desarrollo que han tenido las bodegas de corte industrial, a causa del crecimiento de este sector económico, las ha llevado a crear a partir del año 2015, naves auxiliares para poder hacer frente a las nuevas demandas de los mercados. Estas naves, aunque se han ubicado cerca del polígono industrial, lo han hecho en un entorno relativamente elevado. La tendencia a ubicarse en este tipo de espacios también se aprecia en las nuevas bodegas de corte elitista. Tienden a situarse alejadas del espacio urbano, rodeadas de sus viñedos y en un entorno con mayor valor paisajístico de cara a un eventual desarrollo del enoturismo. En el caso de Borja se ubican en la carretera que une el núcleo de Borja con el Santuario de Misericordia.

3.1. Bodegas rupestres. El medio físico como factor condicionante para su emplazamiento

La construcción de bodegas rupestres era muy frecuente a finales del siglo XIX y se recogen en el mapa de Coello de 1852 (Figura 3). Se encuentran ubicadas eminentemente, como se ha comentado, en las laderas del castillo. Su construcción, según las entrevistas realizadas a vecinos de la localidad implicados en la actividad vitícola desde hace décadas, tenía lugar en determinados periodos del año. Las bodegas bajo tierra solían construirse en invierno y eran los propios propietarios, pequeños viticultores, los encargados de su construcción; estaban destinadas a la elaboración de vino que comercializaban de forma independiente.

Figura 3. Mapa del municipio de Borja de 1853 elaborado por Francisco Coello. Emplazamiento de las bodegas rupestres



Fuente: Catálogo de Fondos Cartográficos del IGN

Las bodegas rupestres en el área de estudio se ubican próximas a los núcleos urbanos, en concreto, en las laderas (Figura 4). La tipología constructiva que predomina es la de las cuevas vinarias excavadas aprovechando la topografía inclinada que ofrecen los oteros y los cerros testigos, especialmente a los pies del Castillo de Borja y en su entorno (Figura 5) y, en menor medida, en torno a Maleján. Esta ubicación responde a la facilidad con la que estas pendientes permiten realizar los trabajos de excavación. Además, se trata de un emplazamiento con buena accesibilidad al centro urbano, lo cual facilitaba que se pudieran llevar a cabo labores de mantenimiento y la función comercial, pues todo el modelo de gestión dependía del viticultor, llevando a cabo todo el sistema productivo: cultivo de la vid, elaboración del vino y venta del producto.

Figura 4. Relieve y distribución de bodegas rupestres



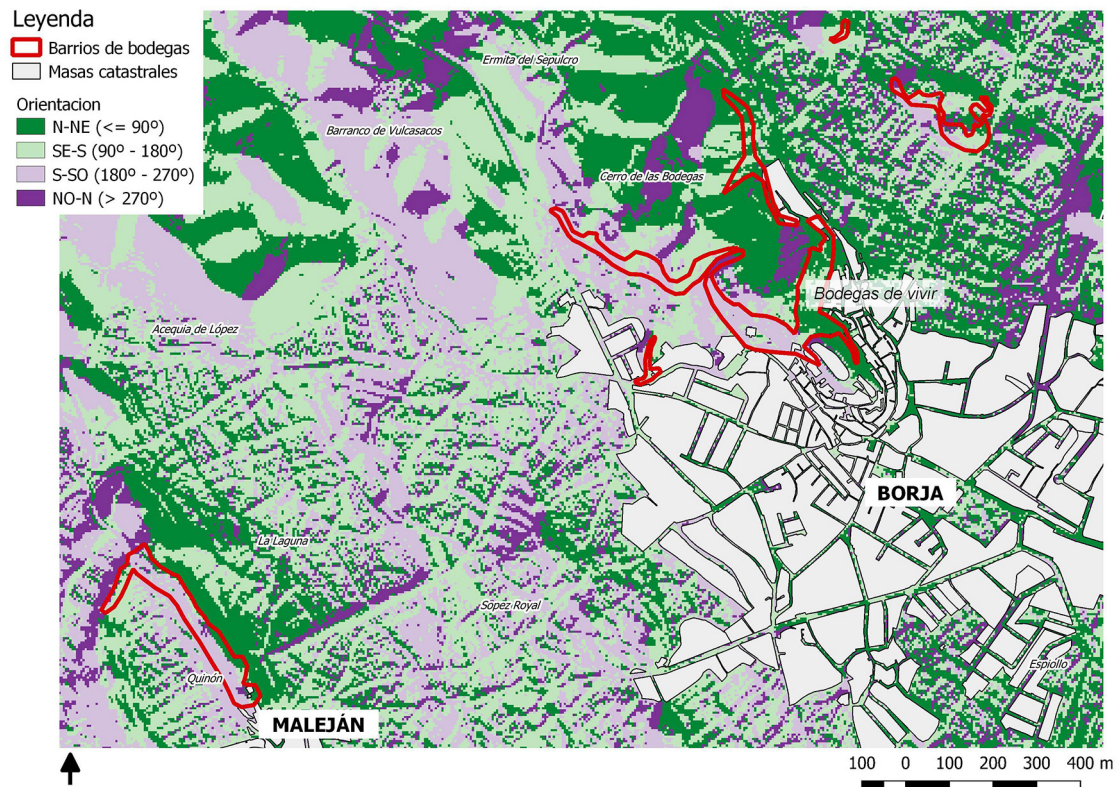
Fuente: Masas de Catastro, toponimia NGBE, modelo de elevaciones del IGN. Elaboración propia

Figura 5. Bodegas rupestres en Borja



En el núcleo de Borja existen dos zonas de bodegas rupestres, las de poniente y las de saliente (Figura 6). Las primeras se encuentran orientadas hacia el Moncayo, en dirección oeste y las de saliente se orientan hacia el levante y se ubican eminentemente al este del castillo de Borja. En el entorno de Maleján, la orientación predominante de las bodegas es de poniente. Algunos de los vecinos de la zona entrevistados han señalado que la disposición preferida de las bodegas para desarrollar la actividad vinaria era la que contaba con orientación al oeste, por considerarse más fresca y saludable para la uva. Es por ello, que la mayor parte de las bodegas se encuentran mirando al Moncayo. Pese a que en este trabajo no se ha realizado un censo exhaustivo, se ha cartografiado un total de 12,23 ha de bodegas, de estas, un 57,39% cuenta con una orientación predominante a poniente y un 42,61% a saliente.

Figura 6. Orientación de las bodegas rupestres



Fuente: masas de catastro, toponimia NGBE, modelo de elevaciones del IGN. Elaboración propia

En Borja existe una zona donde predominan las casas-cueva o “bodegas de vivir”. Se trata de bodegas integradas en el núcleo urbano y que han sido utilizadas como casas. Las bodegas de vivir inicialmente respondían a la función de bodega, pero después adoptaron un uso residencial. Entre las causas de esta reconversión se encuentra su localización, integrada en la Ciudad de Borja; generalmente, su tamaño era mayor que el de otras bodegas. Además, las bodegas para vivir cuentan predominantemente con una orientación este. Tal como se ha mencionado, algunos vecinos han mostrado una opinión más favorable para la actividad vinaria en las bodegas con orientación oeste. Esta consideración también puede haber contribuido al cambio de uso que experimentaron estas instalaciones. Uno de los vecinos entrevistados señaló que nació en una bodega a inicios de la década de 1960, por lo tanto, este uso residencial llega a solaparse en el tiempo con el proceso de creación de cooperativas. La existencia, con diferentes grados de ocupación, de “bodegas de vivir” integradas en el espacio urbano se ha mantenido hasta la actualidad. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, ha desaparecido el uso residencial de carácter permanente.

El estado de conservación actual de las bodegas rupestres varía en buena medida en función de su accesibilidad, tal como se ha constatado en el trabajo de campo. Las bodegas mejor conservadas están bien integradas en el espacio urbano y son numerosas las bodegas que se han reconvertido en merenderos familiares. Este tipo de usos ha evitado su deterioro, pues cuentan con un mantenimiento que no presentan muchas bodegas, especialmente en las cotas más elevadas, muchas de las cuales se encuentran incluso

en riesgo de derrumbamiento. Pese a esto, en la actualidad, todavía existen bodegas donde se elabora vino destinado al consumo del propietario, como se pudo comprobar durante el trabajo de campo tras la vendimia. Prueba de ello son los restos de hollejo que atestiguan esta actividad y el aroma que había esos días por el barrio de bodegas.

Sin embargo, las transformaciones acaecidas en este sector agroindustrial han dado lugar a un cambio en el sistema productivo al trasladar los centros de elaboración de vino a las bodegas industriales. Estas son capaces de elaborar el vino siguiendo las exigencias establecidas en los reglamentos sanitarios y de los consejos reguladores, por lo que las bodegas tradicionales han quedado relegadas a elementos de la arquitectura tradicional, empleadas como merenderos, y en otras comarcas vitivinícolas como restaurantes y museos y, en el peor y más habitual de los casos, olvidadas a pesar de haber sido la base de la industria vinícola actual.

3.2. Bodegas industriales. El papel de la accesibilidad en su localización

Las bodegas industriales están ubicadas próximas al núcleo de población y al polígono industrial. La localización está claramente definida por la accesibilidad a la carretera nacional, eje de comunicación que facilita tanto la recepción de la uva como la distribución del producto elaborado.

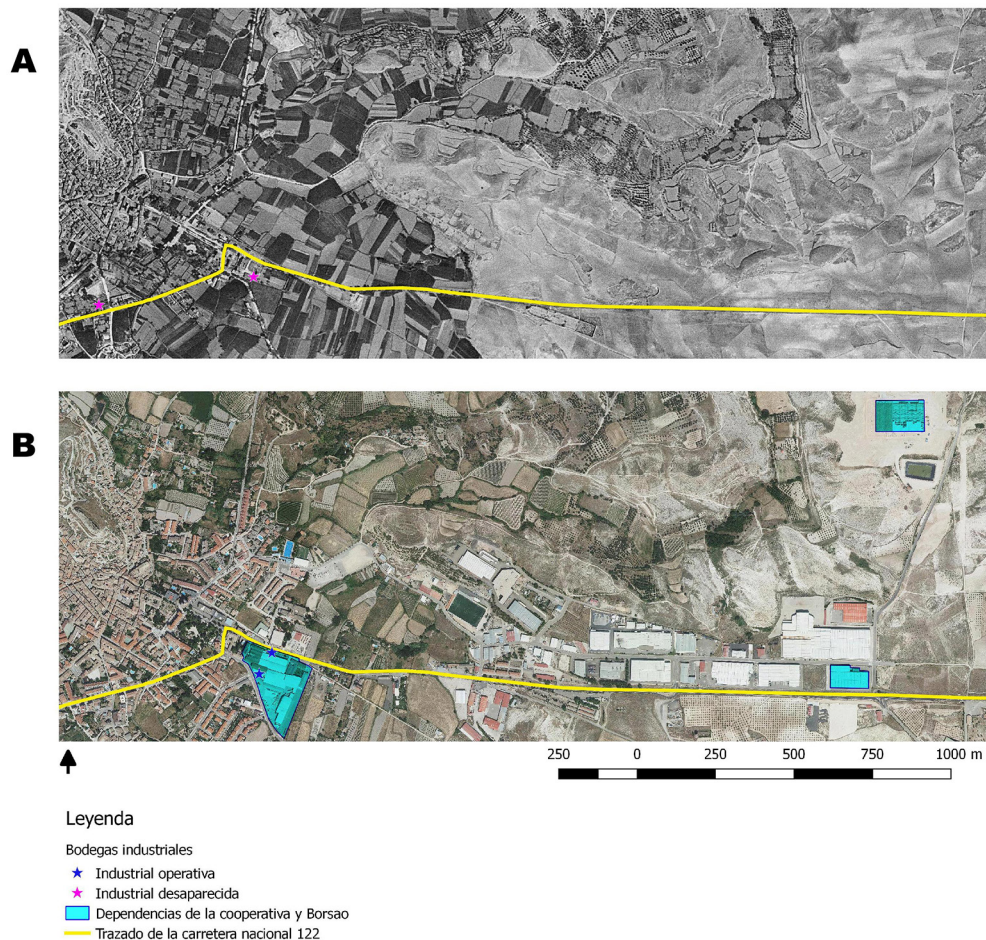
La industrialización modificó el proceso tradicional de producción y comercio del vino. Se pasó de la elaboración y comercialización llevada a cabo por pequeños productores en un ámbito de carácter local y regional, a cobrar una mayor importancia las bodegas de mayor tamaño a cargo de sociedades y cooperativas con una expansión de los mercados hacia el ámbito nacional e internacional que han adquirido un matiz clave en la dinámica económica de estas empresas. Los pequeños bodegueros no podían afrontar las nuevas inversiones que necesitaba el sector productivo de forma individual como, por ejemplo, la propia construcción de estas instalaciones, la implantación de maquinaria como son los depósitos de almacenaje del vino, las líneas de embotellado o laboratorios para llevar a cabo el control del vino. Unos cambios que han afectado al modelo de gestión, pues, anteriormente, el bodeguero se encargaba de todo el proceso productivo y ahora es necesaria la especialización dentro de la bodega, pero también en el campo, que permita llevar a cabo los diversos trabajos requeridos y por ende, la necesidad de mayor mano de obra, dejando fuera de estas tareas a la ayuda familiar tan valiosa para el pequeño viticultor y bodeguero.

El avance de la industrialización propició un proceso de concentración y se crearon nuevas bodegas industriales en el entorno de la carretera y de mayor tamaño. El cambio más significativo se produjo en la década de 1950 por parte del sindicato de agricultores con la creación de la Cooperativa Agrícola. Esta asociación autónoma de personas adquirió una de las bodegas industriales creadas con anterioridad. Desde entonces se fue expandiendo hasta tal punto que, incluso, una de las bodegas tradicionales de mayor tamaño se integró en ella, lo que muestra el proceso de cambio, tanto de gestión como de producción, desde unas bodegas a otras para poder hacer frente a la expansión de los nuevos mercados que se estaban abriendo en el territorio como consecuencia del aumento en el consumo de vino y con unos estándares de calidad cada vez más elevados.

Las primeras instalaciones de corte industrial, actualmente desaparecidas, se localizaron desde un primer momento en la carretera que enlaza las provincias de Zaragoza y Soria, en lo que entonces era una zona de expansión urbana que todavía no se había desarrollado (Figura 7). En la actualidad, las bodegas industriales operativas de la zona de estudio, como la cooperativa, continúan localizadas en torno al mismo eje de comunicación. La expansión de este tipo de bodegas tiende a ocupar las áreas próximas a la carretera, en el entorno del polígono industrial. En esta decisión juega un papel estratégico la accesibilidad de las instalaciones a través del transporte por carretera para dar salida con mayor rapidez y facilidad a los vinos.

También es significativo destacar que actualmente la construcción y la tipología arquitectónica de las bodegas es muy diferente a las rupestres, pues no depende del trabajo manual e individual de un pequeño productor. Son empresas en ocasiones familiares, pero, en otros casos, se trata de inversiones de grandes grupos empresariales. Se construyen con nuevos materiales y maquinaria moderna adecuada para la elaboración y conservación del vino, y siguen los planes trazados a tal efecto por técnicos y arquitectos. Se construyen espacios adecuados a los nuevos métodos de vinificación, y, en ocasiones, pensando en el desarrollo de nuevas actividades económicas orientadas hacia el turismo del vino.

Figura 7. A) Localización de las bodegas de corte industrial. Bodegas industriales desaparecidas. Ortoimagen vuelo americano 1956. B) Localización de las bodegas de corte industrial. Bodegas industriales operativas. Ortoimagen del PNOA 2018



Fuente: Fondo en distribución de bodegas antiguas: orto-imagen del vuelo americano de 1956 (SITAR-CECAF). Fondo en distribución de bodegas operativas: orto-imagen de 2018 (PNOA). Elaboración propia en base a IGN

Las instalaciones de bodegas industriales en Borja ocupan una gran extensión superficial. Las dependencias que se han cartografiado de la cooperativa y Borsao suponen 5,86 ha destinadas a la producción, almacenaje y distribución de vino, en torno a un 86% de la superficie de sus naves, el resto corresponde a otra nave ubicada en el polígono y que está fundamentalmente dedicada a cereales, almendras y a la producción de aceite.

La nave central de la cooperativa se encuentra entre la Nacional 122 y la carretera autonómica 1303 que une Borja con Ainzón y otros municipios de la DOP de Campo de Borja. Esta nave es una ampliación de aquella primitiva bodega industrial que fue adquirida por la cooperativa, habiendo alcanzado una superficie de 3,5 ha de instalaciones y es dónde se elabora la mayor parte del vino del área de estudio. Tiene una capacidad productiva de aproximadamente 9 millones de kilogramos y una cifra de negocio de en torno a 8 millones de euros. El gran volumen de uva y vino que moviliza justifica el emplazamiento de sus instalaciones en lugares accesibles que facilitan todo el proceso productivo y su posterior comercialización (Figura 8).

En 1981, después de constituirse la DOP, se crea la marca Borsao, con la que se comercializa el vino de la cooperativa, y en 2001 se unen las cooperativas de Borja, Tabuena y Pozuelo, lo que da lugar a Bodegas Borsao S.A. con una ampliación de sus instalaciones en el polígono para poder hacer frente a las nuevas necesidades de la empresa. Una unión que va a facilitar la expansión a mercados internacionales exportando en torno al 70% de su producción, una cifra elevada que conlleva la necesidad de personal especializado en la comercialización del vino en grandes mercados y que sería difícil si no se hubiera producido esta unión de bodegas.

Figura 8. Vista de accesos a las naves de la cooperativa (ahora Borsao)



Fotografía de los autores

Las nuevas instalaciones de Borsao, aunque efectivamente se localizan en la zona baja del término municipal, están próximas al polígono industrial y son accesibles desde la carretera. El nuevo edificio que se ha construido se ubica en un entorno más elevado, que permite disfrutar de un amplio paisaje y su estructura y estética se aleja de las tradicionales naves propias de los polígonos industriales (Figura 9). Esta bodega, pese a heredar características del modelo industrial derivadas de las cooperativas que la integran, tiene elementos que la singularizan: unas naves donde se utiliza el ladrillo y la teja para su construcción, integradas con el entorno, en contraposición del hormigón y la chapa; una entrada más amplia con espacios diferenciados para el aparcamiento de los vehículos de los trabajadores y posibles visitantes; espacios ajardinados; zonas destinadas al ámbito laboral de recepción de tractores y camiones; accesos que comunican la carretera con la vía principal; también cuenta con dos espacios contrastados como son el edificio de administración y servicios y las naves para elaborar y almacenar el vino. Se observa un nuevo cambio en el modelo productivo de las bodegas, donde la arquitectura adquiere un papel importante. Las bodegas se mantienen como grandes espacios productores de vino, cada vez más especializados y desempeñando funciones acordes a la situación de los mercados y a los gustos de los consumidores. Se cuida más la estética del edificio y de su entorno, por lo que se emplazan en lugares cercanos a los viñedos o con altos valores ambientales.

Figura 9. Nuevas instalaciones de la bodega Borsao s.a.



Fotografía de los autores

3.3. Bodegas creadas ex novo con posterioridad a la DOP. Los nuevos escenarios del vino

El auge del reconocimiento de la garnacha en el mercado ha impulsado la creación de nuevas bodegas especializadas en este tipo de uva. Se relacionan de una forma más directa con las nuevas iniciativas de corte elitista que se han instalado en la zona.

Estos espacios productores se caracterizan por una producción de la más alta calidad¹³, un precio medio-alto¹⁴ y un pequeño tamaño de la bodega¹⁵. Su localización ha adoptado unas pautas singulares, pues se encuentran alejadas del núcleo urbano y no se encuentran en la carretera nacional, aunque sí en sus inmediaciones. Además, su emplazamiento está en la parte alta del término municipal, desde dónde se pueden apreciar vistas panorámicas del Moncayo y otras zonas de la comarca, lo que se convierte en un recurso atrayente de cara a la visita de turistas. Se encuentran más próximas a la muela de Borja, un relieve estructural a cuyos pies se ubica un *terroir* que produce vino de una calidad especialmente alta (Lorente Blasco, 2017). Por otro lado, el eje viario dónde se encuentran no une Borja con las capitales de su entorno, sino que se trata de la carretera que enlaza Borja con el pequeño núcleo de El Buste y con el Santuario de Misericordia. Priman otro tipo de requisitos como el citado paisaje y valores de carácter ambiental, y dejando en un segundo plano las grandes elaboraciones de vino por otras más personales.

Precisamente su menor tamaño las hace menos dependientes de lugares próximos a la carretera, que sean fácilmente accesibles por parte de grandes camiones. Permite adoptar nuevas ubicaciones, regresando a enclaves elevados del término como sucedía con las bodegas rupestres. Es probable que la ubicación de estas bodegas se realice, entre otros factores, de cara a una eventual actividad enoturística, la cual está creciendo de forma considerable en esta comarca vitivinícola¹⁶. Sin embargo, de momento, ninguna de ellas desarrolla este tipo de actividades en la fecha de realización de este trabajo. Uno de los propietarios planteó, de cara al futuro, poder crear una sala de catas dentro de la bodega y realizar visitas y eventos. Unas iniciativas cada vez más frecuentes en la industria vitivinícola y que en algunos casos, requieren cambios en el modelo de bodega existente hasta la fecha, cuyo único fin era la elaboración del vino. La actividad industrial sigue siendo el eje económico, pues sin vino no hay ninguna otra actividad, pero el sector servicios está adquiriendo mayor relevancia con la diversificación de funciones, centradas en el enoturismo.

En cuanto a la localización el propietario entrevistado pone de manifiesto que en su caso la accesibilidad desde la carretera nacional no es un elemento determinante para el emplazamiento de la bodega. A este respecto señala que su bodega está orientada a una producción de alta calidad, no tanto a la comercialización de grandes volúmenes de vino.

En estos casos, en la elección del emplazamiento juega un papel más importante la disponibilidad de terrenos y el hecho de disfrutar de un paisaje agradable. Algunas de ellas como Bodegas Morca, tienen vistas al Moncayo. En cuanto a la proximidad al viñedo, propio de algunas bodegas elitistas, ponen de manifiesto la importancia de contar con viñas elegidas por su calidad más allá del hecho de que puedan o no rodear la bodega. Este hecho viene determinado por las características de la distribución del *terroir* del Campo de Borja y por la existencia de pequeñas parcelas dispersas de viñedos de alta calidad, con unas características específicas respecto a otros majuelos en lo concerniente a la variedad, al sustrato o al año de plantación de las vides.

Además de la panorámica que se ofrece de estas instalaciones, las bodegas se integran de forma armoniosa en el paisaje y, aunque funcional, cuentan con una arquitectura que intenta ir más allá de las tradicionales naves formadas por paneles de hormigón. Entran en juego diversos materiales como el cristal, la madera, el acero o el ladrillo. Están mejor integradas en el paisaje y son más atractivas de cara a la organización de visitas (Figura 10). A pesar de estos diseños, todavía se encuentran lejos de las corrientes vanguardistas de la enoarquitectura o arquitectura del vino como se está viendo en otras zonas vitivinícolas españolas como Rioja, Ribera del Duero o Somontano, donde se han erigido “templos del vino” a cargo de arquitectos de reconocido prestigio internacional como Richard Rogers, Santiago Calatrava, Frank Gehry o Norman Foster. Aun así, estas bodegas están cambiando el paisaje de la vid y el vino y contribuyen a la creación de un vínculo entre el lugar de producción y el producto.

13 Es frecuente que estas bodegas obtengan puntuaciones superiores a los 90 puntos en publicaciones nacionales como la Guía Peñín o internacionales como las de Robert Parker o Wine Spectator.

14 La Bodega Alto Moncayo ofrece vinos que oscilan entre los 23 y los 110€/botella y la Bodega Morca entre 15 y 100€/botella (Anuario de vinos El País, 2019).

15 A modo de ejemplo, la Bodega Alto Moncayo, que pertenece a esta tipología, cuenta con 95 ha de viñedos frente a las 2.372 de Borsao (Anuario de vinos El País, 2015). La bodega de esta tipología de más reciente creación, Bodegas Morca, cuenta con 80 ha (Anuario de vinos El País, 2019).

16 La Ruta del vino de la Garnacha-Campo de Borja se ocupa de dinamizar el territorio de esta comarca. El número de visitantes se ha incrementado de forma considerable al pasar de los 4627 en el año 2013 a los 56821 en el año 2018. Datos obtenidos de ACEVIN. Rutas del Vino de España.

Figura 10. Bodegas Morca



Fotografía de los autores

3.4. Efectos de los cambios de modelo productivo en la ubicación de las bodegas

Las bodegas son un claro ejemplo de adaptación a las transformaciones industriales sufridas en cada momento histórico. El enclave de sus instalaciones ha cambiado con los años. Las rupestres aprovecharon los desniveles y los materiales blandos del cerro del castillo que facilitaba su construcción. Las de corte industrial tienden a concretarse a lo largo de los ejes de comunicación, en este caso de la N-122, para facilitar la llegada de vehículos de mayor tamaño que transportan manufacturas necesarias para el desarrollo de la actividad vinica y para el transporte del vino final embotellado. Por último, las nuevas bodegas de corte elitista, más recientes, tienden a ubicarse en las zonas altas del área de estudio adquiriendo mayor peso el valor paisajístico.

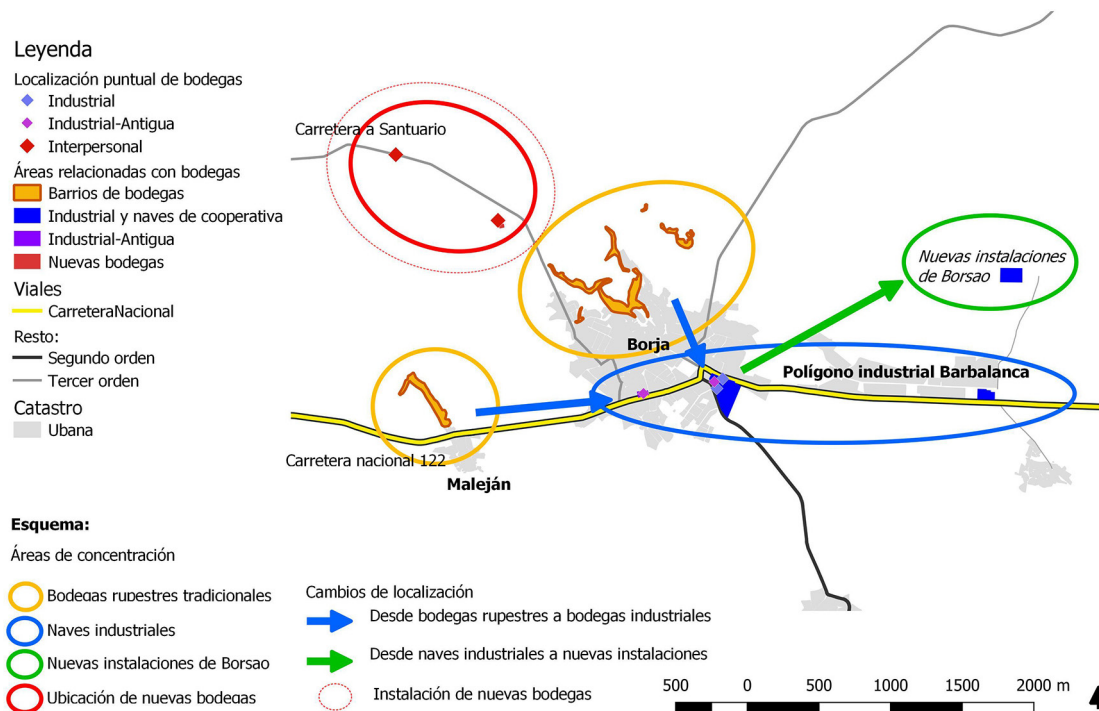
Existen dos cambios esenciales que determinan las pautas de localización de las bodegas (Figura 11). El cambio inicial se produce en la primera mitad del siglo XX y culmina en la década de 1950. La producción de vino se desplaza desde los cerros próximos al núcleo urbano hacia las zonas bajas del término, mejor comunicadas. Las bodegas rupestres, que fueron el centro neurálgico en la producción de vino, pierden su función original y, en muchas ocasiones, se dirigen hacia el camino del abandono y el derrumbe, pese a suponer un valioso patrimonio etnográfico. En el mejor de los casos se reconvierten en merenderos, verdaderos puntos de encuentro para familiares y amigos. No hay que olvidar que la bodega es un espacio, además de trabajo, de socialización en el que se comparten historias y vivencias en torno a un vaso de vino con vecinos y visitantes.

El segundo cambio se produce tras la constitución de la DOP (1980) y, especialmente, desde comienzos del siglo XXI. Se desarrolla un nuevo modelo de bodega que hace frente a las demandas actuales del mercado y a los cambios en el modelo de producción en un momento de fuerte competencia a nivel mundial del sector vitivinícola. Durante la industrialización temprana se incorporan nuevas técnicas constructivas y comenzaron a aparecer bodegas enfocadas a las economías de escala. A la consolidación de estas bodegas contribuyó el aumento de la elaboración de vino propiciado por la reforma de la reglamentación comunitaria. Se promovía la reconversión varietal con nuevas plantaciones de viñedos, con marcos de densidad que permitían un mayor número de cepas por hectárea y, por consiguiente, un incremento de la producción de uva.

Con ambos cambios, la dependencia de las laderas desaparece, pues se necesitan espacios llanos sobre los cuales se pueda edificar con facilidad y favorecer las labores que se desempeñan en las bodegas. El incremento del tamaño de las bodegas y el mayor volumen de vino producido pone de relieve la importancia de ubicarse en áreas accesibles, tanto a los viñedos como a los mercados, es decir, cerca de las carreteras. Ambas circunstancias concurren en la Ciudad de Borja en el área de la carretera que comunica la localidad con Soria y Zaragoza, por lo que la producción se desplaza a su entorno.

Tras la creación de las primeras bodegas industriales, los viticultores se organizan en cooperativas que tomaron el relevo a las primitivas bodegas industriales, y por su capacidad de aglutinar a los pequeños agricultores, terminan por precipitar el abandono de las bodegas emplazadas en el cerro. Este tipo de bodegas, en un contexto de migración del campo a la ciudad, tuvieron la capacidad de permitir el abastecimiento de los mercados urbanos y crear un modelo que perdura hasta la actualidad con la comercialización de grandes volúmenes de vino en mercados internacionales.

Figura 11. Situación de las bodegas y cambios de ubicación de la producción del vino



En la cartografía de bodegas industriales se han incluido las dependencias de la Cooperativa Agrícola de Borja en el polígono Barbalanca

Fuente: cartografía de parcelas urbanas (Catastro). Elaboración propia

La creación de la DOP, y la apuesta por los productos de alta calidad que demanda el mercado en el contexto de la nueva cultura del vino, permiten la creación de bodegas pequeñas y muy especializadas en determinadas variedades como la garnacha. Además, este tipo de bodegas contribuye a mantener los viñedos viejos ante la política de arranque que ha tenido lugar en las últimas décadas, y que ha dado lugar a una pérdida irrecuperable de estas plantas. La uva procedente de esta clase de viñedos es muy valorada para elaborar vinos de calidad, cualidad que este tipo de bodegas premia frente al volumen de vino.

Esta menor dependencia de una localización próxima a los ejes de comunicación principales les permite ubicarse en lugares de mayor riqueza paisajística. De nuevo, la parte alta del término municipal adquiere importancia, no obstante, no en las laderas, sino en espacios más amplios. Son lugares donde se pueden edificar nuevas bodegas que, en ocasiones, siguen las líneas de la enoarquitectura con diseños que poseen unos valores estéticos que van más allá de los requisitos funcionales que requiere la elaboración del vino. Además, esta ubicación y estos diseños se orientan hacia las tendencias que permiten un desarrollo potencial de nuevas actividades en el ámbito de los servicios como es la organización de catas, visitas guiadas o actividades de restauración.

4. Discusión de resultados

La industria vitivinícola es una actividad agroalimentaria que en las últimas décadas ha experimentado transformaciones muy significativas en todo su sistema, es decir, cambios a la hora de plantar viñedos, en el empleo de nuevos productos fitosanitarios en el campo, elaboración de vinos cada vez más diversos para un mercado en expansión territorial, así como cambios en la construcción y localización de las bodegas. Estas modificaciones han sido necesarias, pues la competencia en este sector es cada vez mayor, y las bodegas han tenido que reinventarse para hacerse más competitivas y destacar sobre otros centros de producción.

La localización de las bodegas es un factor que ha tenido y sigue teniendo un fuerte peso a la hora de elegir su emplazamiento. En un principio primaban, por un lado, los condicionantes del medio físico, pues se aprovechaban aquellos espacios con materiales más blandos que permitían excavar galerías subterráneas como por ejemplo en Borja (Chueca Yus, 2004) o en la comarca del Cerrato Palentino (Franco Jubete y

Luis del Río, 2005). Por otro lado, su cercanía al núcleo urbano como sucede en los municipios de La Rioja (Palacios García, 2014) o en las localidades de la comarca vitivinícola de Cigales en la provincia de Valladolid (Fernández Portela, 2018), y que se debe a un ámbito de consumo personal y local, así como por las dificultades del transporte. Sin embargo, la lógica en el emplazamiento de las bodegas ha cambiado en las últimas décadas y la mayoría de ellas ha tenido en cuenta la cercanía a las vías de comunicación, autovías o carreteras nacionales y comarcales, requisitos que resultan ser indispensables para poder desarrollar una actividad económica que implica la llegada y salida de mercancías en grandes vehículos.

Por lo tanto, el emplazamiento es un criterio esencial que hay que tener en cuenta a la hora de establecer una bodega. Permite estar cerca de los consumidores y ahorrar costes en el transporte, tal y como también afirman Fernández Cuesta y Fernández Prieto (1999). Es una situación que han reflejado y dado importancia otros autores como Meza, Mascaray y Albisu (2001) para el caso de las industrias agroalimentarias de La Rioja, entre ellas las bodegas, y que además indican que la gran mayoría se localizan en áreas rurales, en las inmediaciones de carreteras. Esto refuerza la idea de su emplazamiento en espacios con buenas comunicaciones, pero al mismo tiempo con cierta calidad medioambiental.

Aparte de para la actividad vitivinícola, el emplazamiento juega un papel clave para el desarrollo de otras actividades económicas relacionadas con el mundo del vino, como, por ejemplo, el enoturismo. Es una actividad, principalmente de fin de semana, y que requiere buena conexión entre las ciudades y los centros receptores de turistas. Debe permitir salidas de un par de días sin perder mucho tiempo en los desplazamientos.

Algunas de las bodegas que conforman el área de estudio no desarrollan actividades de tipo turístico, a pesar de que existe la Ruta del Vino de la Garnacha que tiene en Borja su sede principal. Sin embargo, en el conjunto del territorio español, el interés por parte de la población hacia esta tipología turística aumenta año tras año según cifras de la Asociación Española de Ciudades del Vino (ACEVIN) con millones de personas¹⁷.

Debido al potencial con el que cuenta la ciudad de Borja en el campo vitivinícola y a la existencia de la Ruta del Vino de la Garnacha, apostar por el desarrollo del enoturismo podría permitir a este espacio diversificar su economía aprovechando la base de un producto tan característico y arraigado en el territorio como es el vino y su cultura. Los programas de visita a las instalaciones de las bodegas se podrían completar con otras actividades como pueden ser paseos por los viñedos, catas de vino, exposiciones y recorridos por las bodegas rupestres. Esto podría ser un aliciente para su conservación. A todo esto, hay que añadir el resto de atractivos turísticos de este espacio como es la gastronomía, el arte, los festejos populares, la naturaleza, etc., que pueden completar una oferta enoturística de calidad.

Estas iniciativas no son nuevas, y se han puesto en marcha en numerosas comarcas vitivinícolas en toda España con resultados satisfactorios. Ejemplo de ello son las investigaciones realizadas en espacios vitivinícolas como el de Jerez (López Sánchez, 2010), Alicante y Murcia (Martínez Puche y Morales Yago, 2016), Cigales (Fernández Portela, 2018), o en el Penedés (Molleví Bortoló y Miró Pérez, 2018), donde se resalta el papel trascendental que juega esta actividad en la diversificación económica y el desarrollo del medio rural, una idea que sería interesante poder aplicar a la ciudad de Borja y su entorno para ver si este impacto socio-económico (positivo) se repetiría también en este espacio vitivinícola aragonés.

La sociedad urbana vuelve los ojos hacia el medio rural. En ocasiones, esto se hace a través de visiones idealizadas del mismo (Paniagua Mazonera y Hoggart, 2002). En este contexto, paisajes agrarios como los del viñedo, que cuentan con una valoración paisajística positiva, se encuentran en un proceso de patrimonialización (Silva Pérez, 2009). El turismo rural ha sido “un acicate fundamental para la preservación, recuperación y revalorización del patrimonio natural y cultural” (Esparcia Pérez, Escribano Pizarro y Sánchez Aguilera, 2017, p. 416). La causa es que los valores locales han cobrado importancia, ganando peso los elementos singulares de estos espacios, es decir, lo genuino, lo “auténtico”. En este marco, elementos como las fiestas y la cultura popular se han incorporado a las nuevas consideraciones de patrimonio.

Las bodegas rupestres del Campo de Borja, además de ser un signo distintivo de su paisaje, pueden jugar también un importante papel en este sentido. Entidades como la Asociación para la Promoción Turística de La Ruta de la Garnacha del Campo de Borja ha puesto en marcha iniciativas para integrar estas bodegas en la oferta turística de la zona con el fin de generar rentas territoriales en combinación con otros

¹⁷ <https://www.wineroutesofspain.com/>

elementos como el viñedo¹⁸. Una gestión adecuada de los elementos patrimoniales de las DOP puede ayudar a generar rentas (Climent López y Esteban Rodríguez, 2018). Para ello, en el Campo de Borja se trabaja desde múltiples dimensiones; no solo desde la óptica del turismo, sino también desde la puesta en valor del vino. La zonificación de los diferentes *terroir* presentes en la DOP es una apuesta hacia la calidad del producto y la búsqueda de valor desde los propios viñedos (Lorente Blasco, 2017).

Finalmente, y una vez realizado el estudio, sería interesante plantear una nueva línea de trabajo que relacione la geografía del vino, el paisaje, el turismo y la sostenibilidad (Cañizares Ruiz y Ruiz Pulpón, 2020). La actividad vitivinícola que compone el entorno de la ciudad de Borja debe apostar de forma clara por la sostenibilidad como están haciendo otros espacios productores de vino. Ejemplo de ello es el trabajo de Binimelis Sebastián (2019) en Mallorca respecto al cultivo de la vid donde las nuevas plantaciones se han llevado a cabo con nuevos marcos de plantación y se han sustituido algunas técnicas químicas por otras mecánicas como por ejemplo la escarda. También cabe destacar el trabajo realizado por Triviño Tarradas (2019) en la DOP Montilla-Moriles con explotaciones vitivinícolas y bodegas cada vez más resilientes, donde el medio ambiente y la conservación del paisaje adquieren un papel esencial. El cambio en el emplazamiento de las bodegas conlleva la construcción de nuevos espacios para elaborar el vino, como se ha visto en el caso de la ciudad de Borja con las Bodegas Alto Moncayo y Morca.

En estas nuevas instalaciones sería recomendable que se implementaran políticas más sostenibles encaminadas a conseguir algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La geografía y la sostenibilidad son dos conceptos que se encuentran íntimamente ligados. Por ello sería interesante que la geografía abordase este tema de estudio ofreciendo su visión espacial y su capacidad para integrarla en conceptos como son la sostenibilidad económica, social y ambiental.

5. Conclusiones

En este análisis, se han explicado los factores que inciden en la localización de los tres tipos de bodegas delimitadas en el entorno de la ciudad de Borja y los efectos territoriales que han tenido sobre el paisaje y sobre el propio plano urbano. Se observan diferencias en las pautas de localización de los diferentes tipos de bodega, hasta el punto de ocupar espacios físicos diferentes dentro de la ciudad. Los diversos tipos de bodega han aparecido, secuencialmente, de la mano de cambios tecnológicos, de políticas y normativas vitivinícolas y por las convenciones dominantes en el sector.

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis de partida. En el caso de Borja, cada tipo de bodega ocupa espacios diferenciados porque cada uno de ellos sigue unas pautas de localización propias y diferentes del resto. Las pautas de localización están determinadas por el potencial que cada ubicación ofrece a cada tipología de bodega y cómo, en cada lugar, las limitaciones de cada modelo pueden ser superadas con mayor facilidad. Las posibilidades que ofrece cada ubicación para la producción del vino dependen de la época y el modelo productivo propio de la bodega. Esto ha tenido un efecto sobre el territorio. Los cambios de paradigma dentro del sector han desembocado en la aparición de nuevos tipos de bodega, se han manifestado en el espacio urbano determinando cómo se distribuyen las bodegas en el área de estudio.

Agradecimientos

La realización de este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de Antonio Serrano Sartaguda y Vicente Urchaga Andía, naturales de la ciudad de Borja.

Referencias

- Amato, V. y Valleta, M. (2017). Wine landscape of Italy. En M. Soldati y M. Marchetti (Eds.), *Landscapes and Landforms of Italy* (pp. 523-536). https://doi.org/10.1007/978-3-319-26194-2_45
- Alonso Santos, J.L. (2003). Redes y procesos de innovación en las comarcas vitivinícolas de Castilla y León: el ejemplo de la D.O. Bierzo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 36, 43-60. Recuperado de <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/457>

¹⁸ Campo de Borja busca recuperar las bodegas en cerro para mejorar su oferta turística. EUROPA PRESS - HERALDO DE ARAGÓN. Laura Uranga (3/7/2018). <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/2018/07/03/campo-borja-busca-recuperar-las-bodegas-cerro-para-mejorar-oferta-turistica-1253760-2261126.html>

- Alonso Santos, J. L., Aparicio Amador, L. J. y Sánchez Hernández, J. L. (2003). Los espacios vitivinícolas en Castilla y León: la evolución hacia un sistema productivo de calidad. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 35, 101-122. Recuperado de <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/445>
- Aparicio Amador, J., Sánchez Hernández, J.L., Alonso Santos, J.L. y Rodero González, V. (2008). La Ribera del Duero, geografía de un medio innovador en torno a la vitivinicultura. *Scripta Nova*, XII(277). Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-277.htm>
- Binimelis Sebastián, J. (2019). La transición post-productivista del sector vitivinícola de Mallorca (1990-2015). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 80, 1-37. <https://doi.org/10.21138/bage.2725>
- Buján, J. (2003). *Guía de la Nueva Cultura del Vino*. Barcelona: Rubes.
- Camaioni, C. y D'Onofrio, R. (2016). Vineyard landscape in Italy: cases of territorial requalification and governance strategies. *Landscape Research*, 41(7), 714-729. <https://doi.org/10.1080/01426397.2016.1212323>
- Cañas Guerrero, I., Fuentes Pardo, J.M. y Martín Ocaña, S. (2006). Bodegas subterráneas tradicionales en la Ribera del Duero. En A. Alonso González y P. Rodríguez de las Heras (Coords.), *Viticultura y enología en la DO Ribera del Duero* (pp. 75-80). Burgos: Consejo Regulador de la DO Ribera del Duero.
- Cañizares Ruiz, M.C. y Ruiz Pulpón, A.R. (2020). Paisajes del viñedo, turismo y sostenibilidad: interrelaciones teóricas y aplicadas. *Investigaciones Geográficas*, (74), 9-28. <https://doi.org/10.14198/INGEO2020.CRRP>
- Chueca Yus, V.M. (2004). Las bodegas rupestres del Campo de Borja. En I. Aguilera Aragón y M.F. Blasco Sancho (Coords.), *Comarca del Campo de Borja* (pp. 263-270). Zaragoza: Ed. Diputación General de Aragón.
- Climent López, E. y Esteban Rodríguez, S. (2018). Paisaje y patrimonio territorial en las Denominaciones de Origen vinícolas del Valle del Ebro (España). *E3S Web Conf.* 50 01046. DOI: [10.1051/e3sconf/20185001046](https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001046)
- Escalona Orcao, A. I., Loscertales Palomar, B. y Climent López, E. (2013). Enfoques, experiencias y propuestas para la mejora de la competitividad territorial de las áreas vitivinícolas: Las denominaciones de origen protegidas de la provincia de Zaragoza. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 62, 317-341. <https://doi.org/10.21138/bage.1580>
- Esparcia Pérez, J., Escribano Pizarro, J., y Sánchez Aguilera, D. (2017). Los territorios rurales. En J. Romero (Coord.), *Geografía Humana de España* (pp. 367-448). Valencia: Tirant humanidades.
- Esteban Rodríguez, S. (2017). Cambios en las Denominaciones de Origen Protegidas del sector del vino en España: Movimientos entre mundos de producción. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 74, 483-513. <https://doi.org/10.21138/bage.2463>
- Fernández Cuesta, G. y Fernández Prieto, J.R. (1999). *Atlas industrial de España. Desequilibrios territoriales y localización de la industria*. Oviedo: Ediciones Nobel.
- Fernández Portela, J. y García Velasco, M.A. (2014). Las bodegas tradicionales: patrimonio olvidado en la cultura del vino en la Denominación de Origen Cigales (Castilla y León, España). *Geographicalia*, 65, 61-86. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.201465866
- Fernández Portela, J. (2018). La diversificación económica en una comarca vitivinícola tradicional: las bases que sustentan el enoturismo en la denominación de origen Cigales (Valladolid). *Espacio, Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía*, 11, 141-168. <https://doi.org/10.5944/etfvi.11.2018.20868>
- Franco Jubete, F. y Luis del Río, S. (2005). *Cultura vitivinícola del Cerrato castellano: viñedos, vinos y bodegas del Cerrato palentino*. Palencia: Itagra.
- González Hinojo, M.A. (1995). La viña y la bodega de Jerez: útiles de trabajo. *Narria: Estudios de artes y costumbres populares*, 69(70), 27-33.
- Huetz de Lempis, A. (1967a). *Vignobles et vins du nord-ouest de l'Espagne. Tome I*. Bordeaux: Institut de Géographie.
- Huetz de Lempis, A. (1967b). *Vignobles et vins du nord-ouest de l'Espagne. Tome II*. Bordeaux: Institut de Géographie.

- Jové Sandoval, F. (2018). Arquitectura del vino: las bodegas tradicionales como patrimonio cultural. *Biblioteca, estudio e investigación*, 33, 247-266.
- López Ocón, E. (2015). *Caracterización de los barrios de bodegas subterráneas de la denominación de origen calificada Rioja. Estudio y comparación de sus condiciones interiores con las de las nuevas bodegas comerciales* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de <http://oa.upm.es/38381/>
- López Sánchez, J.A. (2010). Posibilidades de desarrollo del enoturismo en la denominación de origen Jerez-Xerry-Sherry y manzanilla de Sanlúcar de Barrameda y Vinagre de Jerez. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 53, 21-41. Recuperado de <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1191>
- Lorente Blasco, M. (2017). *Zonificación de la DOP Campo de Borja con criterios de Terroir* (Tesis doctoral). Universidad de Zaragoza. Recuperado de <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarSeleccion.do>
- Loscertales Palomar, B., Escalona Orcao, A.I. y Climent López, E. (2011). Cambios recientes en el sector vitivinícola: el caso de las denominaciones de origen zaragozanas, *Geographicalia*, 59, 227-240. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.201159-60834
- Macedo, M. (2011). Port wine landscape: railroads, phylloxera, and agricultural science. *Agricultural history*, 85(2), 157-173. <https://doi.org/10.3098/ah.2011.85.2.157>
- Martín Martín, M.G. (2016). Las bodegas tradicionales: Localización, construcción y uso. En J. Fernández Portela (Coord.), *La comarca vitivinícola de Cigales: viñedos, bodegas y vinos. 25 años de la D.O. Cigales* (pp. 117-137). Valladolid: Consejo Regulador de la D.O. Cigales.
- Martínez-Carrasco, L., Brugarolas, M. y Martínez-Poveda, A. (2005). Quality wines and wines protected by a designation of origin: identifying their consumption determinants. *Journal of wine research*, 16(3), 213-232. <https://doi.org/10.1080/09571260600556690>
- Martínez Puche, A. y Morales Yago, F.J. (2016). El vino como recurso turístico para el fomento del desarrollo local: una oportunidad para las comarcas del Vinalopó (Alicante) y el Altiplano Yecla-Jumilla (Murcia). *Cuadernos de Turismo*, 38, 267-300. <https://doi.org/10.6018/turismo.38.271451>
- Meza, L. Mascaray, M.A. y Albisu Aguado, L.M. (2001). La localización de la industria agroalimentaria en La Rioja: núcleos rurales versus núcleos urbano. *Berceo*, 141, 229-246.
- Miranda Escolar, B. y Fernández Morueco, R. (2011). Vino, turismo e innovación: las Rutas del Vino de España, una estrategia integrada de desarrollo rural. *Estudios de Economía Aplicada*, 29(1), 129-164. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30120835005>
- Molleví Bortoló, G. y Miró Pérez, A.P. (2018). La denominación de origen Penedés: contexto histórico, geográfico y enoturístico. *Geographicalia*, 70, 27-53. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2018703279
- Palacios García, M. (2014). Los barrios de bodegas tradicionales de La Rioja. *Berceo*, 167, 61-87.
- Paniagua Mazorra, A. y Hoggart, K. (2002). Lo rural ¿hechos, discursos o representaciones? Una perspectiva geográfica de un debate clásico. *Información Comercial Española*, 803, 61-72.
- Pastor, G., Torres, L. y Marinsalda Pastor, L. (2020). Landscape enclaves: wine capitalism and luxury tourism in Mendoza, Argentina. *Journal of Political Ecology*, 27(1), 580-593. <https://doi.org/10.2458/v27i1.22953>
- Plaza Tabasco, J., Cañizares Ruiz, M.C. y Ruiz Pulpón, A. (2017). Patrimonio, viñedo y turismo: recursos específicos para la innovación y el desarrollo territorial de Castilla La Mancha. *Cuadernos de Turismo*, 40, 547-571. <http://dx.doi.org/10.6018/turismo.40.310101>
- Rocchi, B. y Gabbai, M. (2013). Territorial identity as a competitive advantage in wine marketing: a case study. *Journal of wine research*, 24(4), 291-310. <https://doi.org/10.1080/09571264.2013.837382>
- Ruiz Budría, E., Castelló Puig, A., Climent López, E., Escalona Orcao, A.I., Hernández Navarro, M.L., Loscertales Palomar, B. y Frutos Mejías, L.M. (2013). La calidad del vino a la luz de la teoría de las convenciones: aplicación a las denominaciones de origen aragonesas. *Estudios geográficos*, 74(274), 231-254. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201308>
- Salais, R. y Storper, M. (1992). The four 'Worlds' of Contemporary Industry. *Cambridge Journal of Economics*, 16, 169-193. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.cje.a035199>

- Sánchez Hernández, J. L. (2003). Capital exógeno y procesos de innovación en la industria vinícola de la Denominación de Origen Toro. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 36, 61-79. Recuperado de <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/458>
- Sánchez Hernández, J., Aparicio Amador, J., y Alonso Santos, J. (2010). The Shift between Worlds of Production as an Innovative Process in the Wine Industry in Castile and Leon, Spain. *Geoforum*, 41(3), 469-478. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2009.12.004>
- Silva Pérez, R. (2009). Agricultura, paisaje y patrimonio territorial. Los paisajes de la agricultura vistos como patrimonio. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 49, 309-334. <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/786>
- Steakley, J. y Steakley B. (2020). *A Quest for Quality Wine, Every Time*. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-34000-1>
- Triviño Tarradas, P.M. (2019). *Evaluación y mejoras para el manejo sostenible de la explotación vitivinícola en la DOP Montilla-Moriles* (Tesis Doctoral). Universidad de Córdoba. Recuperado de <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/18428>

Cita bibliográfica: Faus Prieto, A. (2021). Al servicio de una ciudad en expansión. Casimiro Meseguer Bonet, Director de Caminos del ayuntamiento de Valencia (1874-1914). *Investigaciones Geográficas*, (76), 141-161. <https://doi.org/10.14198/INGEO.17616>

Al servicio de una ciudad en expansión. Casimiro Meseguer Bonet, Director de Caminos del ayuntamiento de Valencia (1874-1914)

*At the service of an expanding city. Casimiro Meseguer Bonet,
Director of Roads for Valencia City Council (1874-1914)*

Alfredo Faus Prieto¹ 

Resumen

Casimiro Meseguer Bonet ocupó el cargo de Director de Caminos del ayuntamiento de Valencia entre 1874 y 1914. El ejercicio de este empleo le convirtió en uno de los principales protagonistas de la gran transformación urbanística que experimentó la ciudad a partir de 1865, coincidiendo con el derribo de sus murallas medievales. Como principal responsable de la composición, el mantenimiento y la alineación de los caminos y las sendas extramuros, en su despacho se proyectaron los ejes viarios que permitieron la anexión de los poblados próximos y la materialización de los ensanches aprobados en 1887 y 1912. En este artículo se realiza una síntesis de la carrera profesional de Casimiro Meseguer Bonet, en la que se incluyen su etapa inicial como Ayudante de Obras Públicas (1866-1874) y las principales actuaciones que llevó a cabo desde la Dirección de Caminos de la ciudad de Valencia (1874-1914).

Palabras clave: Ciudad de Valencia; Dirección de Caminos; Casimiro Meseguer Bonet; Carrera Profesional.

Abstract

Casimiro Meseguer Bonet was director of roads at Valencia City Council between 1874 and 1914. The exercise of this role turned him into one of the main protagonists of the great urban transformation that the city experienced, coinciding with the demolition of its medieval walls from 1865. He was responsible for the composition, maintenance, and alignment of roads and trails outside the city walls, and in his office were projected the road axes that enabled the annexation of nearby towns and the widenings approved in 1887 and 1912. This article offers a synthesis of the professional career of Casimiro Meseguer Bonet, which includes its initial stage as a public works assistant (1866-1874) and the main actions he took as director of roads for the City of Valencia (1874-1914).

Keywords: City of Valencia; director of roads; Casimiro Meseguer Bonet; professional career.

1. Introducción

El interés por la evolución urbanística de las ciudades españolas, y en especial de la *ciudad burguesa* de la segunda mitad del siglo XIX, de larga tradición en el colectivo de geógrafos (Terán, 1996; 1999), parece haberse reactivado en los últimos años (Fernández, 2011; Mendoza, 2011a y 2011b; y Cardesín y Mirás, 2014). El examen pormenorizado de las áreas de expansión decimonónica ha devenido un tema de investigación prioritario dado que, en última instancia, sobre ellas se configuraron las ciudades extensas

1 Doctor en Geografía. alfredo.faus@uv.es

actuales (Delgado, 2016). Existe acuerdo en torno a los objetivos fundamentales que debe atender este tipo de estudios: el crecimiento físico de las ciudades sobre su entorno inmediato; la construcción de las infraestructuras y los servicios públicos que llevaba aparejado dicho crecimiento; y la creación, la organización y las actuaciones concretas de las instituciones que lo dirigieron. Se trata de una investigación compleja, en la que confluyen todos los aspectos que fueron identificados hace tiempo como los propios de un análisis geográfico del medio urbano: la incorporación de nuevos terrenos a la ciudad, la alteración de sus límites históricos, los cambios que afectaron a la propiedad, el valor y los usos del suelo, y la estructura funcional del nuevo núcleo (Straszewicz, 1981).

Tal complejidad obliga a tratar esta realidad desde una visión multidisciplinar, amplia y diversa, que constituya un punto de encuentro entre la Geografía y otras ciencias sociales afines. Entre ellas se encuentra la Historia, ya que al necesario enfoque espacial debe unírsele el componente temporal que implica todo proceso de cambio. Los trabajos sobre los orígenes del planeamiento urbanístico son indispensables para entender las ciudades contemporáneas, en particular si tratan de la influencia que sobre las decisiones tomadas tuvo la personalidad de los responsables políticos que lo diseñaron y los técnicos que lo ejecutaron, así como el impacto futuro de estas decisiones (Miño, 2003; Capel, 2009a y 2009b). Es en esta dirección en la que cobra gran importancia la investigación sobre los organismos que dirigieron el proceso de cambio y el perfil de los profesionales que los integraban. En la España de la segunda mitad del siglo XIX que ahora nos interesa, los autores de esta planificación fueron los negociados municipales de Policía Urbana y Rural que se extendieron por todo el país (Anguita, 1997; 2001). Su estudio enriquece cualquier aproximación al fenómeno urbano que tenga vocación holística.

En el caso de la ciudad de Valencia, aunque hay auténticos clásicos escritos desde el campo de la Geografía (Sanchis Guarner, 1972; Teixidor, 1982), los mejores trabajos sobre la transformación urbanística que sufrió en la transición entre los siglos XIX y XX se deben a un grupo selecto de arquitectos. Décadas de investigaciones pueden verse resumidas en la monumental *Historia de la Ciudad*, dirigida por Francisco Taberner (2000-2016). Las actuaciones previas a los planes de ensanche, su desarrollo concreto, la transformación de barrios enteros como consecuencia de la especulación, los grandes proyectos de reforma interior, etc., han sido analizados en multitud de artículos y libros. Sin embargo, desde la precursora obra de Daniel Benito sobre la arquitectura valenciana del eclecticismo (Benito, 1983), la atención de estos investigadores se ha dirigido casi en exclusiva hacia los arquitectos que encabezaron las iniciativas que cambiaron la imagen de la ciudad (Joaquín M^a Arnau, los hermanos Calvo, José M^a Manuel Cortina, Luis Ferreres, Sebastián Monleón, etc.). Hasta seis de ellos han merecido estudios biográficos en los últimos años (Arnau, Peiró y Poyatos, 2008; Arnau, 2011; Casao y García, 2009; Jaime, 2013; Arbaiza, 2014; y Cabrera, 2015). De manera sistemática, en estos estudios se ha dejado de lado a los colaboradores que estos arquitectos tuvieron en las secciones municipales de Policía Urbana y Ensanche (sobrestantes, delineantes, escribientes, maestros de obra, etc.).

De entre los cargos adscritos a otros negociados del ayuntamiento de Valencia que coadyuvaron con estas secciones sobresalen los de Director de Caminos, Director de Paseos, Arboledas y Jardines, e Ingeniero Municipal. Nuestro protagonista, Casimiro Meseguer Bonet (Sueca, 1841-Valencia, 1915)², ocupó el primero de ellos durante cuarenta años (1874-1914). En ese tiempo, como encargado de la red de caminos extramuros, facilitó la extensión física de la ciudad y, en gran medida, redibujó los tentáculos que la hicieron posible. En su despacho se planificaron las grandes avenidas creadas sobre los caminos y las sendas preexistentes, las nuevas rondas de circunvalación y multitud de calles y plazas surgidas de la alineación de los caminos que unían Valencia con los pueblos próximos que iría anexionando, los que llevaban desde estos pueblos al mar o los que vertebraban la huerta y la conectaban con los mercados urbanos. Una tarea hercúlea, alejada de los focos, que se solapó en el tiempo con la que desarrollaron los arquitectos que firmaron los planes de ensanche y reforma interior.

A pesar de la trascendencia de estas actuaciones, la figura de Casimiro Meseguer sigue estando asociada exclusivamente al proyecto que debía unir la ciudad con su frente marítimo: el *Paseo desde la plaza del Jardín del Real hasta el Pueblo Nuevo del Mar* que dio lugar a la actual avenida de Vicente Blasco Ibáñez. Poco importa que este proyecto, presentado en 1888, pudiera haberse inspirado en una idea anterior del arquitecto Manuel Sorní o que el inicio de su ejecución se demorase hasta 1926, con nuestro

² Casimiro Meseguer Bonet nació el 11 de marzo de 1841 en Sueca (Valencia). Archivo Histórico Municipal de Sueca: Registro Civil, 1841-1843. Signatura SEC-00330/001.

protagonista ya fallecido. El nombre de Casimiro Meseguer constituye una cita obligada, todavía hoy, en todos los estudios sobre la evolución decimonónica de la ciudad de Valencia y en todos los dictámenes generados por las discusiones políticas en torno a la conveniencia o la inconveniencia de prolongar el paseo hasta el mar a través del caserío edificado del barrio del Cabañal-Cañamelar.

Y, sin embargo, este proyecto sólo fue una de las muchas iniciativas que Casimiro Meseguer emprendió desde la Dirección de Caminos del ayuntamiento de Valencia. De hecho, hubo al menos otros tres proyectos que le granjearon un prestigio aún mayor en vida: la finalización del paseo de la Alameda y su conexión con el camino Nuevo del Grao, la instalación de vías metálicas en este mismo camino para facilitar la circulación de carruajes hacia y desde el puerto, y la construcción del camino de Tránsitos de Consumos en sus tres secciones (1ª, 2ª y Norte). La segunda de estas iniciativas le procuró, incluso, fama nacional e internacional. En el momento de su formulación mereció dos entradas en la *Revista de Obras Públicas* que la popularizaron entre los profesionales del sector (Sanchis, 1896 y 1897) y un par de reseñas recogieron, años más tarde, su extensión a otros caminos de la ciudad (Anónimo, 1910; Settler, 1912).

El resto de los grandes proyectos mencionados sigue esperando un estudio de detalle que le haga justicia: del papel decisivo de Casimiro Meseguer en la reforma del paseo de la Alameda apenas se han escrito unas líneas que datan del siglo pasado (Santamaría, 1988; Gavara, 1994); los trabajos disponibles sobre el camino-paseo de Valencia al Mar sólo lo mencionan para sembrar dudas sobre la originalidad de su idea y reducir la importancia de su impacto urbanístico (Piñón, 1988 y 2000; Boira, 2000); del origen del camino de Tránsitos de Consumos, nada se sabe. No es objetivo de este artículo abordar semejante reto. Sí lo es avanzar un extracto de la dilatada carrera profesional de Casimiro Meseguer en el que cobren sentido semejantes iniciativas. A partir de fuentes de archivo, se intenta mostrar su formación como Ayudante de Obras Públicas y cómo su trabajo para el ayuntamiento de Valencia, desarrollado a lo largo de cuarenta años, fue crucial en el proceso de creación de la ciudad extensa que hoy compartimos.

2. Metodología

2.1. Fuentes

Este artículo responde a una investigación cualitativa de carácter histórico, basada en exclusiva en fuentes de archivo. La escasa bibliografía existente sobre la figura de Casimiro Meseguer ha obligado a reconstruir sus actuaciones partiendo prácticamente desde cero, mientras que las dificultades para encontrar datos personales y *relatos de vida* que pudieran aproximarnos a su trayectoria vital han limitado el estudio al ámbito profesional. Dada la dilatada carrera de Meseguer como Director de Caminos de la ciudad de Valencia, la mayoría de la información se ha obtenido en el Archivo Histórico Municipal de esta ciudad. Aunque están desperdigados por todos los fondos del archivo, el grueso de los datos se ha extraído de los correspondientes a la sección de Fomento y, en particular, a las clases y subclases de la subsección de Policía Rural (*Río Turia y acequias, Rondas y caminos, Paseos y Arbolado*, etc.). Algunos de los planos y dibujos que acompañaban a estos expedientes se encuentran actualmente en la valiosa sección que lleva el nombre de D. Emilio Rieta, arquitecto municipal de Valencia hasta 2004 (Faus, 2017 y 2018b).

Los datos de filiación de Casimiro Meseguer se han localizado en el Archivo Histórico Municipal de Sueca (Valencia), su localidad de nacimiento, mientras que su formación académica y su pertenencia al cuerpo de Ayudantes de Obras Públicas se han podido documentar en la Biblioteca Nacional de España, el Archivo General del Ministerio de Fomento y la Biblioteca-Archivo de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil de Madrid, heredera esta última de la Escuela Especial de Ayudantes de Obras Públicas fundada en 1857. Datos de menor importancia se han obtenido en el Archivo General y Fotográfico de la Diputación Provincial de Valencia y en el Archivo Digital del Congreso de los Diputados de Madrid. La consulta de la Gaceta de Madrid y los escalafones publicados del cuerpo de Ayudantes de Obras Públicas nos ha permitido introducir el marco legislativo que condicionó la carrera profesional de Meseguer. Las circunstancias de su óbito y entierro, por último, se han conocido gracias a consultas telemáticas en las principales hemerotecas del país.

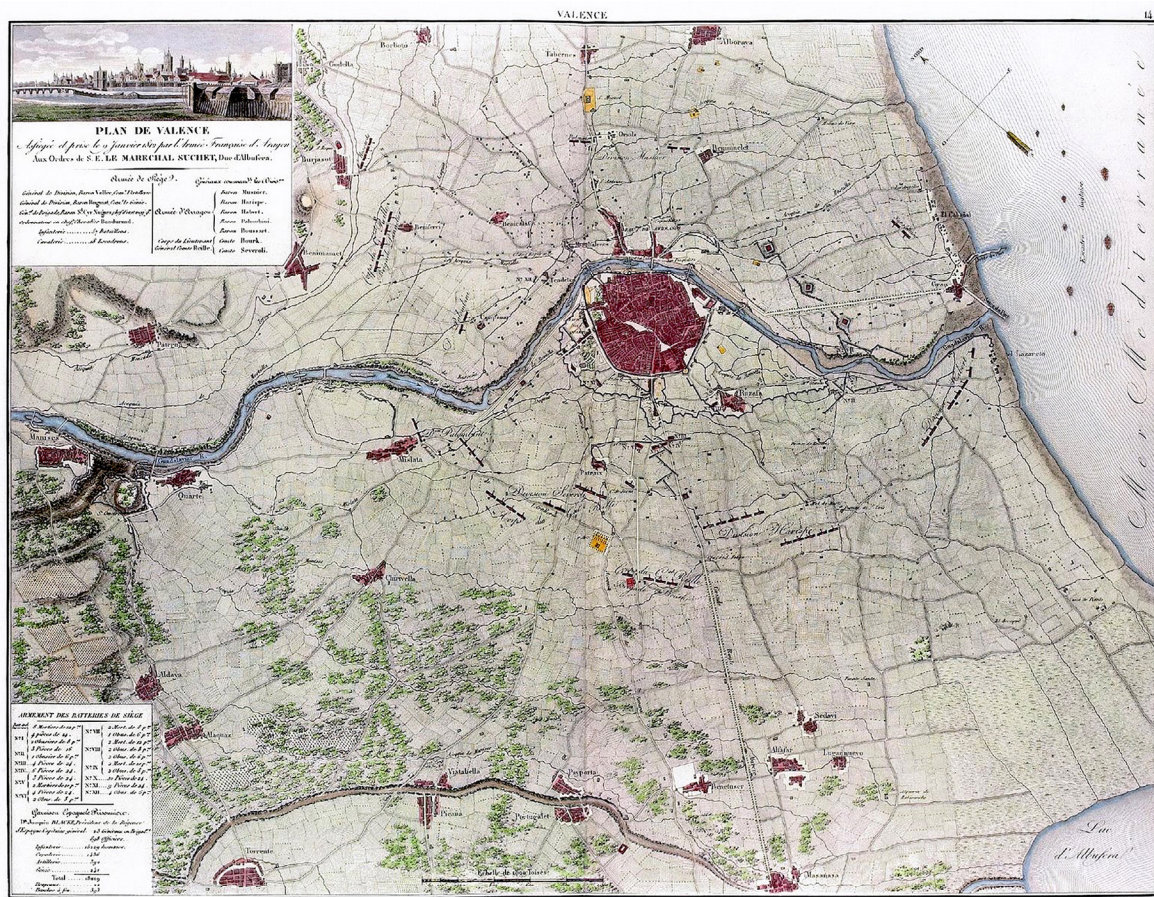
2.2. Ámbito de estudio

La ciudad de Valencia en la que vivió y trabajó Casimiro Meseguer se localiza al este de la península Ibérica y es la capital de la actual Comunidad Valenciana, territorio histórico del antiguo Reino de

Valencia. Situada a orillas del Mediterráneo y atravesada por el río Turia, domina una amplia llanura litoral, conocida como Huerta de Valencia. Al igual que en la mayoría de las ciudades españolas, su expansión física sobre el entorno no se aceleró hasta que se inició el derribo de las murallas medievales que la constreñían en 1865. La persistencia de la morfología de la ciudad puede comprobarse en las vistas que le dedicó Anton van den Wyngaerde (1563) y en los planos de Antonio Mancelli (1608), Tomás Vicente Tosca (1704) y Francisco Ferrer (1831). Encerrada en su vieja muralla, hasta la segunda mitad del siglo XIX las puertas de la ciudad se abrían a un espacio en el que continuaban dominando los campos de cultivo, los baldíos y los aguazales. Desde ese momento, mientras en el casco histórico la densificación humana llevaba a continuas reformas del callejero y al aprovechamiento de los solares liberados por los procesos de desamortización y desvinculación, la urbanización extramuros se materializaba gracias a la alineación de los caminos preexistentes y la ocupación de los terrenos contiguos vacíos.

La red de caminos que rodeaba a la ciudad de Valencia en esa época respondía a la configuración propia de un espacio de huerta. Hasta la apertura de las carreteras y líneas de ferrocarril finiseculares, formaba una malla radial que estaba condicionada por el trazado de las acequias de riego y la dispersión de los poblados próximos. En esta malla, sólo los caminos reales habían originado arrabales de una cierta entidad. Hacia el oeste y el sur se dirigían los que unían la ciudad con Madrid a través de los puertos de las Cabrillas y Almansa; hacia el norte, salvado el río Turia, se dirigía el de Morvedre, que llegaba hasta Sagunto partiendo del puente de Serranos y se bifurcaba luego hacia Aragón y Cataluña. Junto a estos caminos reales destacaban los dos locales que conducían al puerto y los poblados marítimos, situados al este de la ciudad, y el que iba hacia el cementerio extramuros. El camino Hondo (o Viejo) del Grao partía desde la puerta del Mar y el llano del Remedio, mientras que el camino Nuevo del Grao, inaugurado en 1802, lo hacía desde el final del paseo de la Alameda. El del Cementerio, por su parte, fue abierto al sur de la ciudad tras las Reales Pragmáticas de 1787 y 1804 que obligaron a que los camposantos se trasladasen fuera de los recintos habitados.

Figura 1. Plan de Valence, 1812



Fuente: *Mémoires du maréchal Suchet (...)*. Paris: Adolphe Bossange, 1828. Cartoteca de la Universitat de València

En un segundo nivel de importancia se situaban los caminos que enlazaban el centro urbano con los núcleos próximos que pronto absorbería y, algo más allá, con los pueblos que formaban la primera corona metropolitana. Esta red básica, escasamente organizada, contaba con multitud de ramificaciones y caminos transversales. Además de los numerosos *camins de la mar* que se dirigían hacia la costa desde todos los poblados de la huerta, entre los campos de cultivo y los humedales discurrían decenas de sendas y caminos menores que conducían a las alquerías aisladas y a los molinos a los que daban servicio. A todos ellos se sumaban, finalmente, los caminos propios de los poblados anexionados por Valencia en el periodo que nos ocupa. Una simple ojeada a los planos que forman el *Atlas* del asedio de las tropas del mariscal Suchet durante la guerra de la Independencia (1828) es suficiente para constatar la maraña de caminos y sendas que envolvía a la ciudad amurallada y estaba al cuidado de la Dirección de Caminos que dirigía Casimiro Meseguer (Figura 1).

3. Resultados: carrera profesional de Casimiro Meseguer Bonet

3.1. Titulación como Ayudante de Obras Públicas

Nada se sabe de Casimiro Meseguer hasta 1864, cuando ingresó en la Escuela Especial de Ayudantes de Obras Públicas de Madrid. Esta escuela fue creada mediante un Real Decreto de 4/II/1857, firmado por el ministro Claudio Moyano, en el que se justificaba esta decisión por la necesidad de aumentar el número de ayudantes al servicio del Estado (desde los poco más de 200 en activo a 500), ante la creciente demanda de los gobiernos provinciales, los ayuntamientos y las empresas particulares concesionarias del ferrocarril y de las grandes obras públicas. Moyano atribuía la falta de profesionales cualificados a las dificultades para extender en nuestro país “cierta clase de conocimientos” (técnicos), a la carestía de los estudios y, sobre todo, a los mayores salarios ofrecidos por las empresas privadas. En su opinión, la creación de una escuela donde se impartiesen enseñanzas “no literarias” solventaría las urgencias a corto plazo y ofrecería a los jóvenes “una carrera honrosa y de seguro porvenir”.³

La escuela se instaló en el edificio de la calle del Turco que albergaba la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos desde 1847 y estuvo abierta, en su primera etapa, hasta 1868. Su primer director fue el ingeniero Calixto de Santa Cruz, a la sazón también director de la Escuela de Ingenieros, que sería sustituido en 1865 por Lucio del Valle. Junto a Calixto de Santa Cruz inauguraron el centro los ingenieros jefes de 2ª clase Juan López del Rivero, en calidad de subdirector, y Práxedes Mateo Sagasta, en la de profesor titular. La obligatoriedad de obtener el título correspondiente para poder ingresar en el cuerpo de Ayudantes de Obras Públicas garantizó el éxito de la escuela desde su inauguración. El número de aspirantes al ingreso dobló al de plazas ofertadas desde los primeros cursos y el de los alumnos matriculados de primer año siempre rondó el centenar (Dirección General de Obras Públicas, 1859 y 1861; Ramos, 2007).

El plan de estudios de la escuela contemplaba dos cursos, subdivididos a su vez en dos clases y prácticas de verano (Tabla 1). El primer año se consolidaban las materias de las que ya se había examinado el alumno en la prueba de ingreso (aritmética, álgebra y geometría) y se introducían las primeras nociones de trigonometría, dibujo y mecánica; en el segundo se atendían la estereotomía de materiales y los fundamentos de la construcción, todo lo relativo a los caminos, los ferrocarriles, los canales de riego y los puertos, y los formularios burocráticos (legislación, contabilidad y documentación). Las prácticas, por su parte, estaban dedicadas al perfeccionamiento del dibujo lineal y topográfico con la pluma y la aguada, la resolución gráfica de problemas de geometría, topografía y estereotomía, la cubicación de desmontes y terraplenes, la construcción de pontones, alcantarillas, etc., el manejo de instrumentos topográficos, el levantamiento de croquis y planos, la medición de distancias y el trazado de carreteras.

De todas las asignaturas que componían el plan de estudios la más interesante para nosotros es la de *Caminos Ordinarios* que impartía el ingeniero 1º Eduardo Echegaray en la segunda clase del segundo año. Los libros de texto de los que se extractaban los apuntes dictados en el aula eran el *Manual de caminos, que comprende su trazado, construcción y conservación* del ingeniero jefe de 1ª clase Pedro Celestino Espinosa (1855), el *Tratado de la formación de los proyectos de carreteras* del ingeniero jefe de 2ª clase Mauricio Garrán (1862) y dos manuales de la extensa *Encyclopédie* de Edme Roret publicada en París: el *Nouveau Manuel Complet du Terrassier et de l'Entrepreneur de Terrassements* de Ch. Etienne y A. Masson

3 *Gaceta de Madrid*, nº 1496, de 7/II/1857.

(1850) y el *Manuel Complet des Ponts et Chaussées* de J. de Gayffier (1857). El temario de la asignatura estaba formado por nueve capítulos: trazado, explanación, firme, obras de fábrica, obras accesorias, organización general de las obras de una carretera, conservación de las carreteras, reparación de las carreteras y formularios (Escuela de Ayudantes de Obras Públicas, 1868).

Tabla 1. Plan de Estudios de la Escuela Especial de Ayudantes de Obras Públicas de Madrid

Curso	Clase	Asignaturas
Primer Año	Primera	-Complemento del álgebra -Trigonometría rectilínea -Topografía
	Segunda	-Geometría descriptiva -Mecánica
	Verano	-Dibujo lineal y topográfico, trabajos gráficos y prácticas
Segundo Año	Primera	-Estereotomía -Materiales y construcción en general
	Segunda	-Camino ordinarios -Nociones generales sobre caminos de hierro, canales de riego, puertos y señales marítimas -Nociones sobre legislación, contabilidad y documentación de las obras públicas
	Verano	-Dibujo lineal y topográfico, trabajos gráficos y prácticas

Fuente: Escuela de Ayudantes de Obras Públicas, 1868

Casimiro Meseguer completó estos estudios en los cursos 1864-1865 y 1865-1866, graduándose en septiembre de 1866 con el número uno de su promoción. El año obligatorio de prácticas que seguía a la graduación lo cumplió en el distrito de Obras Públicas de Valencia, según consta en una Real Orden de 19/X/1866. Se presentó en el destino a principios de noviembre, quedando a las órdenes del Ingeniero 1º Francisco Lizárraga. Un mes más tarde, su tutela pasó al Ingeniero 1º Alejandro Cerdà, con quien acabaría licenciándose el 17 de noviembre de 1867. Nacido en Madrid en 1838, Cerdà era Ingeniero 1º desde mayo de 1862 y prestaba servicio, en ese momento, en la Jefatura de Obras Públicas de Valencia. Estuvo destinado en ella hasta 1874, con un breve intervalo en la División de Ferrocarriles de Valencia en 1871. En septiembre de 1874 fue nombrado Ingeniero Director del puerto de Valencia, cargo que ocuparía hasta 1882.⁴

Las prácticas tuteladas por Cerdà a las que tuvo que enfrentarse Casimiro Meseguer consistieron en el replanteo del tramo 10 de la carretera de 2º orden que iba desde Játiva hasta Alicante y la realización de distintos trabajos en el puerto de Valencia (nivelación de terrenos, delineación de planos, sondeos, toma de datos para cubricaciones y valoraciones, y ejercicios de contabilidad). La cartilla de notas que se conserva en su expediente administrativo nos indica que obtuvo unas notas finales excelentes: “Muy Buena” en los apartados de *Aplicación*, *Conducta* y *Aprovechamiento de las Prácticas* y “Bastante” en el de *Subordinación*.⁵ Aprobadas estas prácticas, Meseguer fue destinado al mismo distrito de Obras Públicas de Valencia, donde permanecería hasta 1873, salvo un breve paso por el distrito de Cuenca en el curso 1868-1869. Finalmente, en abril de 1873 fue adscrito a la plantilla de la Diputación Provincial de Tarragona.

Sin embargo, aquejado de una enfermedad respiratoria que le hizo tomar los baños en el balneario de la Vilavella (Castellón) en julio de ese mismo año, ya no volvería a la ciudad catalana. En septiembre quedaría en expectativa de destino y un año más tarde empezaría su carrera como Director de Caminos de la ciudad de Valencia. A pesar de que nunca más ejercería como Ayudante de Obras Públicas, la inercia burocrática hizo que Casimiro Meseguer fuera acumulando destinos (Huelva y, nuevamente, Tarragona) y ascensos en este cuerpo hasta su jubilación como Ayudante 1º y Jefe de Negociado de 1ª Clase en noviembre de 1911 (Tabla 2).

⁴ Véase la nota biográfica que acompañaba a la necrológica publicada en la *Revista de Obras Públicas* del 16/VII/1896. Año XLIII, Serie 6ª, Tomo II, nº 3.

⁵ Toda la información que sigue de la carrera de Meseguer como Ayudante de Obras Públicas en: Archivo General del Ministerio de Fomento, Madrid (AGMF): Inventario 7, Legajo 6441.

Tabla 2. Carrera profesional de Casimiro Meseguer como Ayudante de Obras Públicas

Real Orden	Escalafón	Destino	Notas
19/X/1866	Ayudante en práctica	Valencia	Prácticas tuteladas por el Ingeniero 1º Alejandro Cerdà (26/XII/1866-17/XI/1867)
28/II/1868	Ayudante 4º de Obras Públicas	Valencia	Cesa el 20/VI/1868
31/V/1868	Ayudante 4º de Obras Públicas	Cuenca	Cesa el 8/IV/1869
4/III/1869	Ayudante 4º de Obras Públicas	Valencia	Cesa el 1/IX/1871
19/VIII/1871	Ayudante 4º de Obras Públicas en excedencia		Reforma de la plantilla del personal facultativo subalterno de Obras Públicas. Real Decreto de 12/VIII/1871
20/II/1872	Ayudante 4º de Obras Públicas	Valencia	Cesa el 1/IV/1873
22/III/1873	Expectativa de destino		
8/IV/1873	Ayudante 4º de Obras Públicas	Tarragona	Licencia de dos meses por enfermedad desde el 22/VII/1873. Cesa el 19/IX/1873
4/IX/1873	Expectativa de destino		
30/VII/1875	Licencia ilimitada como Ayudante Supernumerario del cuerpo de Ayudantes de Obras Públicas.		Director interino de Caminos Vecinales de Valencia el 24/XI/1874. Titular desde el 1/VII/1875. Solicitud de licencia ilimitada el 5/VII/1875
16/XII/1880		Huelva	Dado de alta por Real Orden de 20/XI/1880. No toma posesión por ejercer "al servicio de corporación"
12/V/1881	Ayudante 3º de Obras Públicas		
9/II/1887	Ayudante 2º de Obras Públicas	Tarragona	No toma posesión por ejercer "al servicio de corporación"
26/VII/1892	Ayudante 2º de Obras Públicas, Oficial 3º de Administración		Reorganización de la plantilla del cuerpo de Ayudantes de Obras Públicas. Real Decreto de 19/VII/1892
7/III/1895	Ayudante 2º de Obras Públicas, Oficial 2º de Administración		
29/XII/1900	Ayudante 2º de Obras Públicas, Oficial 1º de Administración		Antigüedad desde 9/XII/1900
20/X/1902	Auxiliar 2º de Obras Públicas, Oficial 1º de Administración		Reforma de las plantillas de Ayudantes y Sobrestantes de Obras Públicas. Real Decreto de 3/X/1902
26/IX/1905	Ayudante 1º de Obras Públicas, Jefe de Negociado de 3ª clase		Antigüedad desde 1/IX/1905
10/I/1908	Ayudante 1º de Obras Públicas, Jefe de Negociado de 2ª clase		Antigüedad desde 1/I/1908
8/XI/1911	Jubilación como Ayudante 1º de Obras Públicas, Jefe de Negociado de 1ª clase		

Fuente: Archivo General del Ministerio de Fomento (Madrid): Inventario 7, Legajo 6441; Ministerio de Fomento, 1882 y 1893

3.2. Director de Caminos de la ciudad de Valencia

3.2.1. Nombramiento

Entre los asuntos que competían a los negociados municipales de Policía Urbana y Rural ya mencionados, se encontraban la vigilancia del orden público y la actividad edilicia, la gestión de las contratas de empedrado, alumbrado y limpieza, la conservación de fuentes, puentes y caminos, la vigilancia de las servidumbres de paso viario, el pronto socorro en caso de incendio, inundación o derrumbe y la inspección de las acequias y los canales de riego. En la ciudad de Valencia, con la entrada en vigor de la Ley de Ayuntamientos de 1840, la dirección nominal de estos asuntos recayó en su alcalde-corregidor, quien la delegó en varias de las comisiones permanentes del consistorio. El ramo de Caminos acabaría integrándose, hasta 1874 y con el rango de *Subcomisión de Puentes y Caminos*, en la Comisión de Policía Urbana y Rural.

En el último cuarto del siglo XIX, este ramo cambiaría varias veces de nombre y situación administrativa: *Comisión de Paseos y Caminos* (1874-1877); *Comisión de Caminos, Puentes y Pretiles* (1877-1881); *Comisión de Caminos, Paseos y Policía Rural* (1881-1900) y *Comisión de Caminos y Policía Rural* (desde

diciembre de 1900). En febrero de 1897 se convirtió en una subsección de la Sección de Fomento y, desde julio de 1899, se desligaron de ella las comisiones especiales del *Camino de Tránsitos* y, hasta enero de 1904, del *Camino Paseo Valencia al Mar*. Con independencia de su nombre, siempre existió en estos negociados un Director de Caminos encargado de la red viaria extramuros, que ejerció sus funciones en paralelo al Director de Paseos, Arboledas y Jardines. La creación del empleo fue consecuencia de la prerrogativa que, en este sentido, les fue concedida a los alcaldes en la *Ley de Caminos Vecinales* de 28/IV/1849.⁶

La Dirección de Caminos, literalmente *Dirección Facultativa de los Caminos Municipales de Valencia*, fue instituida en el ayuntamiento de esta ciudad en enero de 1874, cuando el pleno municipal, a instancias de la Subcomisión de Puentes y Caminos, solicitó al alcalde el nombramiento de “un auxiliar inteligente” que se hiciese cargo de los trabajos que precisaban los caminos del término. Entre las razones aducidas se incluía el deplorable estado en el que se encontraban estos caminos a causa del aumento del tráfico viario y la necesidad de que se controlasen los elevados gastos que comportaba su mantenimiento, sobre todo en época de lluvias. Este problema afectaba en particular al camino Nuevo del Grao, motivo por el que se pedía que la persona elegida estuviera obligada a elaborar un proyecto que lo reformase por completo. Al proceso de selección se presentaron dos aspirantes, Rafael Sociats y Casimiro Meseguer, siendo elegido el primero de ellos por votación secreta entre los miembros de la Subcomisión.⁷

Rafael Sociats (Ciudad Rodrigo, 1822) ya había presidido la propia Subcomisión a finales de 1868 en calidad de alcalde 6º del ayuntamiento revolucionario. Su toma de posesión se produjo el 12 de febrero de 1874, una vez que presentó, de manera simultánea, el título de Director de Caminos Vecinales que poseía desde 1851 y el proyecto de reforma del camino Nuevo del Grao al que se había comprometido.⁸ Sin embargo, las exigencias del cargo hicieron que apenas estuviera en él cuatro meses. En junio de 1874 dimitió, primero como encargado de las obras que se estaban realizando en el paseo de la Alameda y, luego, como director interino de Caminos. En esos cuatro meses había dirigido trabajos específicos en los puentes de Serranos, de la Trinidad, del Mar y de San José, en diversas calles extramuros, en los llanos de la Zaidía y la Trinidad, y en los caminos de la Pechina y Hondo del Grao.⁹

La elección recayó entonces en Casimiro Meseguer, nombrado director interino en noviembre de 1874 y titular del empleo en junio de 1875.¹⁰ En el entreacto, el *Reglamento de Personal Facultativo* del ayuntamiento de Valencia, aprobado en abril de 1875, estableció que los títulos que habilitaban para ejercer este empleo eran los de Director de Caminos Vecinales, Ingeniero o Ayudante de Obras Públicas.¹¹ Como hemos visto, Meseguer había obtenido el último de ellos en la Escuela Especial de Ayudantes de Obras Públicas de Madrid en 1866. Aunque había ingresado en el cuerpo de Ayudantes de Obras Públicas en febrero de 1868, en el momento de su nombramiento se encontraba en expectativa de destino (director interino) y con licencia ilimitada como ayudante supernumerario (director titular). Un Real Decreto de 25/III/1881 consolidó su situación al dictaminar que el personal subalterno de Obras Públicas podía pasar al servicio de ayuntamientos y diputaciones sin perder sus derechos administrativos si tenía un mínimo de dos años de antigüedad en el cuerpo (Navascués y Pinillos, 1892).

Debió de ser durante el tiempo que estuvo destinado en Valencia como Ayudante en Práctica y 4º de Obras Públicas cuando Casimiro Meseguer consiguió los contactos que le permitieron presentarse al concurso de Director de Caminos en enero de 1874. En su interés por el cargo debieron de pesar tanto la posibilidad de estabilizar la situación familiar tras el nacimiento de su segunda hija como la mejora salarial que implicaba.¹² Liberado de sus obligaciones con el ministerio de Fomento a finales de 1873, se había establecido en Valencia, donde se casó con Ramona Bernardo Perpiñán y, tras enviudar, con Manuela Benedito Gregori. Tuvo nueve

6 *Ley sobre construcción, conservación y mejora de los Caminos Vecinales*, de 28/IV/1849, Art. 10. Esta posibilidad ya estaba recogida en el Reglamento del Real Decreto de 7/IV/1848, Arts. 78-79.

7 Archivo Histórico Municipal de Valencia (AHMV): Libro de Actas y Documentos, 15/I/1874; y Libro de Actas de la Comisión de Paseos y Caminos, 23/I/1874. Rafael Sociats obtuvo 7 votos frente a los 6 de Casimiro Meseguer.

8 AHMV: Personal. Policía Rural, 12 y 14/II/1874. El título de Director de Caminos Vecinales de Rafael Sociats le fue expedido en 1851, con la firma del Director de Instrucción Pública, Antonio Gil de Zárate, tras haber demostrado su competencia ante el Gobernador de Teruel en octubre de 1850.

9 AHMV: Libro de Actas de la Comisión de Policía Urbana y Rural, 15/VI/1874; y Libro de Actas y Documentos, 18/VI/1874.

10 AHMV: Libro de Actas de la Comisión de Policía Urbana y Rural, 24/XI/1874; Libro de Actas de la Comisión de Paseos y Caminos, 4/VI/1875; y Libro de Actas y Documentos, 14/VI/1875.

11 AHMV: Libro de Actas y Documentos, 3/V/1875, Art. 3º.

12 Al estar en la situación de expectativa de destino y con licencia ilimitada como ayudante supernumerario de Obras Públicas, el sueldo de Casimiro Meseguer se había reducido a la mitad. En 1874 era de apenas 1.500 pesetas, frente a las 2.500 pesetas que percibía como Director de Caminos.

hijos: tres con su primera mujer (Carmen, 1869; Dolores, 1873; y Casimiro, 1874) y seis con la segunda (Manuela, 1879; Aurelio, 1884; Enrique, 1886; Pura, 1887; Vicente, 1891; y José, 1893).¹³

El cargo de Director de Caminos al que accedió Casimiro Meseguer dependió administrativamente de la Sección Facultativa de Policía Urbana hasta 1889, cuando la puesta en marcha del ensanche de la ciudad aprobado en 1887 obligó a una profunda reorganización de la plantilla municipal de obras públicas (Faus, 2018a). Tras esta reorganización, quedó bajo la jurisdicción exclusiva de la Comisión de Caminos, Paseos y Policía Rural y sus funciones quedaron muy limitadas. La expansión física del casco urbano limitó la importancia del espacio no edificado y alejó al Director de Caminos de la gestión interior. En octubre de 1900, una comisión mixta especificó que debía encargarse únicamente de los servicios que precisaran las vías públicas que no quedaran bajo la supervisión de las comisiones de Policía Urbana y Ensanche. Esto es, de las alejadas del casco histórico, los ensanches y los poblados anexionados (Figura 2).¹⁴

Figura 2. Plano del camino Nuevo de Nazaret. Casimiro Meseguer, 1903



Fuente: Archivo Histórico Municipal de Valencia

Casimiro Meseguer ocuparía el cargo de Director de Caminos de la ciudad de Valencia ininterrumpidamente hasta su muerte el 1 de enero de 1915, momento en el que sería reemplazado por José Burguera. En todo ese tiempo, su situación administrativa sólo pudo variar a finales de 1897, cuando fue propuesto, sin éxito, para ocupar el cargo de *Director de Vías Municipales* que ya existía en Madrid y Barcelona.¹⁵ Sus condiciones de trabajo también fueron siempre las mismas, salvando el hecho de que desde noviembre de 1891 pudo disponer de un despacho propio, una vez que se construyeron unos tabiques que lo separaron del que compartía con la Comisión de Beneficencia y Sanidad. Estaba situado en el Archivo Municipal y ocupaba el espacio que había correspondido hasta entonces a la sección del Padrón.¹⁶

El nombramiento de Casimiro Meseguer dotó a la Dirección de Caminos de una gran estabilidad. Bajo sus órdenes, la plantilla no dejaría de ampliarse. De los cuatro empleos existentes en 1875 (director, sobrestante, capataz y peón caminero) se pasó a trece en 1914 (Tabla 3). De estos empleos el único creado a la vez que el de director fue el de sobrestante. Lo ocuparon cinco personas entre 1874 y 1915: Francisco Climent (1874-1875); Matías Albert (1875-1878); José María Albert (1878-1902); Antonio Albors (1890-1903); y Salvador Montañés (desde 1902). Los restantes se incorporaron a la Dirección de Caminos a medida que crecían sus obligaciones: el de auxiliar facultativo, en 1886; el de delineante, en 1903; el de delineante auxiliar, en 1904; el de escribiente mecanógrafo, en 1911; el de cabo capataz de las brigadas de peones camineros, en 1913, etc.¹⁷

13 AHMV: Libros Padrones, 1875-1915.

14 AHMV: Fomento. Policía Urbana. Disposiciones Generales, 22/X/1900.

15 AHMV: Fomento. Policía Urbana. Disposiciones Generales, 3 y 6/XII/1897.

16 AHMV: Libro de Actas de la Comisión de Personal y Gobierno Interior, 13/XI/1891.

17 AHMV: Fomento. Personal. Licencias, Asistencia y Hojas de Servicio, Caja 5..

Tabla 3. Plantilla facultativa de la Comisión de Caminos y Policía Rural en 1914

Empleo	Número de empleados	Sueldo anual (pts.)
Director de Caminos	1	4.500
Auxiliar Facultativo de Caminos	1	2.750
Sobrestante de Caminos y Cementerios	1	2.500
Delineante	1	1.999
Delineante Auxiliar para los trabajos topográficos	1	1.999
Auxiliar del Sobrestante de Caminos y Cementerios	2	1.500
Escribiente Mecnógrafo	1	1.500
Capataz de las brigadas de peones camineros	1	1.500
Cabo de las brigadas de peones camineros	1	1.250
Peón caminero encargado del almacén de materiales	1	999
Peón caminero portamiras	1	999
Peón caminero	34	912,50
Peón caminero encargado de las compuertas del Valladar	1	150 (dieta)

Fuente: Archivo Histórico Municipal de Valencia: Fomento. Policía Rural, Varia

3.2.2. Trabajos y proyectos

El empleo de Director de Caminos obligó a Casimiro Meseguer a intervenir en multitud de cuestiones. Desde su nombramiento fue el máximo responsable del diseño, la composición y el mantenimiento de toda la red de caminos vecinales del término municipal de Valencia y su infraestructura anexa (puentes, tageas, pasos adoquinados, cruces ferroviarios, alcantarillas, brazales de riego, etc.). De todas ellas, las obligaciones que suponían una mayor dedicación en el día a día eran el cuidado del firme de los caminos, la inspección de obras que necesitaban de un informe favorable para su ejecución (el vallado de terrenos, la apertura de puntos de acceso a las propiedades colindantes, etc.) y la vigilancia de las actuaciones que se consideraban lesivas para el municipio (la apropiación de los márgenes de los caminos, el deterioro de las obras de fábrica, los cultivos ilegales, etc.). La relación de los trabajos llevados a cabo bajo la dirección de Meseguer sería interminable (Tabla 4).

Tabla 4. Trabajos destacados de Casimiro Meseguer como Director de Caminos de la ciudad de Valencia

AÑO	TRABAJO
1875	Redacción del Reglamento de Conservación y Policía de Caminos Vecinales y Rurales
1875	Proyecto de reforma del paseo de la Alameda. Renovado en 1885
1876	Ensanche del camino del Cementerio General
1877	Diseño del óvalo del camino Nuevo del Grao en su unión con la Alameda
1879	Proyecto de defensas ante inundaciones en el poblado de Campanar
1881	Plano general de todos los caminos vecinales, rurales, sendas y veredas del término
1882	Plan de carreteras del término, según circular del Gobernador Civil. También en 1888, 1893 y 1902
1882	Reglamento sobre Policía del río Turia desde la Pechina hasta la presa del Canal
1883	Estado general de denominaciones y antecedentes de los caminos vecinales del término
1883	Plano del río Turia desde el puente de San José hasta la presa de Rovella
1884	Proyecto de instalación de vías metálicas en el camino Nuevo del Grao. Presentado en 1887
1884	Composición de numerosos caminos vecinales tras las lluvias torrenciales de octubre de 1884
1885	Relación de los pasos adoquinados necesarios para los caminos y calles de los arrabales
1885	Memoria sobre canteras de la provincia de Valencia
1885	Estudio para la mejora del sistema de afirmado de las calles de la ciudad

1887	Proyecto de alineación del camino de Benimaclet
1887	Memorias sobre pruebas de afirmado en la calle de Colón y el camino Nuevo del Grao
1888	Presentación del proyecto definitivo de paseo-camino de Valencia al Mar
1888	Visita a la Exposición Universal de Barcelona
1890	Plano del proyecto de ensanche llamado del Este
1890	Plano de todos los caminos del poblado de Ruzafa
1893	Informe sobre construcción de puente metálico entre los puentes de Serranos y de la Trinidad
1895	Informe sobre obras de ampliación del puerto de Valencia
1895	Proyecto de construcción del camino de Tránsitos de Consumos en sus dos primeras secciones
1895	Informe sobre construcción de puente de hierro frente al poblado de Nazaret
1896	Proyecto de construcción del camino de Tránsitos de Consumos en su sección Este
1900	Deslinde entre Valencia y Burjassot para el Instituto Geográfico Nacional
1900	Deslinde del Valladar, entre la casa de compuertas y el río Turia
1901	Proyecto de camino desde Nazaret al poblado de El Saler, junto al canal de la Albufera
1903	Dictamen con medidas para favorecer el libre curso de las aguas del río Turia
1903	Aprobación del proyecto de alineaciones del camino de Tránsitos de Consumos del Este, ahora del Norte
1903	Proyecto de camino desde Valencia a Sueca, por Pinedo, El Saler y El Perelló
1904	Aprobación del proyecto de rectificación y ensanche del camino de la Fuente de San Luis
1905	Proyecto de aprovechamiento de la Dehesa de la Albufera
1906	Reforma del puente del Mar
1908	Medición de terrenos para la construcción de la Facultad de Medicina en el paseo-camino Valencia al Mar
1909	Informe sobre utilización de piedra basáltica en los afirmados de los caminos del término
1909	Anteproyecto de camino desde el puente del Mar hasta El Saler
1910	Informe sobre el establecimiento de balsas salinas en la desembocadura del río Turia
1911	Memoria, presupuesto y perfiles para la instalación de vías metálicas en el camino de Tránsitos de Consumos
1911	Proyecto de camino de Valencia a la Albufera. Declarado de utilidad pública en 1912
1914	Afirmado del camino de Campanar. Premiado en el 2º Concurso Nacional de Subvenciones de Caminos Vecinales
1914	Proyecto de puente de hierro frente a la 1ª Sección del camino de Tránsitos de Consumos
1914	Alineación del camino de Pinedo
1914	Deslinde de terrenos junto a la acequia de Fabiana, en la zona de Francos y Marjales.
1914	Comisión de deslinde y amojonamiento de todos los caminos y parcelas municipales

Fuente: Archivo Histórico Municipal de Valencia. Documentación diversa

Aunque las tareas cotidianas podían asumirlas el sobrestante o el auxiliar facultativo de Caminos, no sucedía lo mismo con la redacción de memorias técnicas sobre cualquier tema que afectase mínimamente a la red de caminos o la elaboración de proyectos que diesen solución a los problemas que iba generando el crecimiento de la ciudad. Entre las múltiples memorias elaboradas por Casimiro Meseguer destacan las que dedicó a las canteras de la provincia de Valencia (1885), el afirmado de la calle de Colón (1887), la visita que realizó a la ciudad de Barcelona con motivo de la Exposición Universal (1888), las obras de ampliación hacia el sur del puerto de Valencia (1895) y el libre curso de las aguas del río Turia (1903). Entre los proyectos, sobresalen los cuatro mayúsculos citados al principio de este artículo.

Reforma del paseo de la Alameda (1875; 1877)

Situado en el margen izquierdo del río Turia, fuera del casco histórico de la ciudad de Valencia, el paseo de la Alameda ocupa un espacio privilegiado entre los puentes del Real y del Mar. Aunque en 1644 se plantaron en él las dos filas de álamos que le dieron nombre, no fue hasta la segunda mitad del siglo XIX cuando los arquitectos Jorge Gisbert, Joaquín Tomás Belda y Carlos Spain firmaron los primeros proyectos para conseguir su urbanización definitiva. La adecuación del paseo se inició en abril de 1874

bajo la supervisión de Rafael Sociats, pero los trabajos quedaron inmediatamente paralizados a causa de su dimisión y de la negativa del arquitecto Manuel Blasco a hacerse cargo de las obras. Durante algo más de un año sólo se llevaron a cabo labores de mantenimiento dirigidas por Miguel Escoín, sobrestante de Caminos. Finalmente, tras fracasar la convocatoria de un concurso público de ideas, el encargo recayó en Casimiro Meseguer en octubre de 1875.

Su proyecto sería aprobado un mes más tarde, sin apenas discusión, por la Comisión de Paseos y Caminos.¹⁸ La principal innovación que incluía era la eliminación de la medianera arbolada existente en el paseo con el fin de convertirlo en una gran avenida entre el jardín del Real y el camino Nuevo del Grao que sirviera como lugar de tránsito para jinetes y carruajes. Como consecuencia de la reforma, se recuperaba el óvalo situado a los pies del puente del Real con la función de rotonda de acceso al paseo, se procuraba la anexión del Plantío municipal de árboles ya existente y se procedía a la alineación del camino de la Soledad que discurría paralelo a la verja de este último. La regularización dotaba a este camino de una anchura de 10,50 m., que sólo se veía reducida a 9,20 m. entre el molino harinero de Pilares y su intersección con el brazal de Algirós de la acequia de Mestalla.

El andén central del paseo alcanzaba una anchura máxima de 30,80 m. en las proximidades del óvalo situado al final del Plantío (27,60 m. en el resto de la vía) y una anchura mínima de 11,50 m. en la confluencia con la bajada del puente del Mar frente a los cuarteles que se estaban construyendo en los terrenos del ex convento de San Juan de Ribera. A ambos lados de este andén principal se contaba con otros dos peatonales de 3,60 m. de anchura. El resultado era un paseo asimétrico, ya que el andén peatonal situado junto a los pretilos del río tenía una anchura sensiblemente inferior a la del conjunto formado por el andén gemelo, el Plantío y el camino de la Soledad. Sin embargo, no era este el mayor problema: quedaban por resolver la conexión lineal con los caminos Nuevo del Grao y de Benimaçlet, y el agostamiento del paseo que provocaba la presencia de la acequia de Mestalla a la altura de San Juan de Ribera.

En marzo de 1877 se formó una comisión municipal para estudiar el modo de conectar el paseo de la Alameda con el camino Nuevo del Grao. Casimiro Meseguer presentó su propuesta de obras en el mes de agosto, siendo aprobada finalmente el 17 de octubre tras ser aceptada por el consistorio y superar el periodo de exposición pública.¹⁹ La solución al problema consistió en el diseño de una explanada amplia en la bajada del puente del Mar que permitiese la circulación fluida de los carruajes (y, más tarde, del tranvía) (Figura 3).²⁰ Hay que recordar que, en esas fechas, el puente del Mar era el último antes de la desembocadura del Turia y que, por lo tanto, concentraba todo el tráfico de mercancías que se dirigía hacia el puerto desde la salida del casco antiguo por el llano del Remedio y desde la huerta de Ruzafa por el camino de Monteolivete. Más tarde, el propio Meseguer se haría cargo del anteproyecto de ensanche del puente del Mar de 1890 e, incluso, de las obras de composición de su firme de 1912.²¹

La necesidad de mejorar el camino de Benimaçlet fue puesta de manifiesto por Casimiro Meseguer a finales de 1882, aprovechando una permuta de terrenos con la condesa de Ripalda en el llano del Real. La propiedad de estos nuevos terrenos permitió al ayuntamiento el acondicionamiento de una zona en la que también se iniciaban el camino de la Soledad y el paseo de la Alameda. En 1887, los trabajos de embellecimiento convirtieron a la fuente instalada en el óvalo del puente del Real en el eje desde el que irradiaban las tres vías. El camino de Benimaçlet fue alineado completamente, dándole una anchura de 10 m.²² Las obras para cubrir 380 m. de la acequia de Mestalla entre el Plantío y el ex convento de San Juan de Ribera, por su parte, se desarrollaron entre 1884 y 1890, con un coste final de 47.881,09 pesetas.²³ Las dos intervenciones fueron incluidas en el proyecto para la conclusión del paseo de la Alameda que Meseguer y Eduardo Boscà, Director de Paseos, Arboledas y Jardines, firmaron en febrero de 1885.²⁴

18 AHMV: Libro de Actas de la Comisión de Paseos y Caminos, 14, 17, 22 y 29/XI/1875. Se conserva una copia de los planos que acompañaban a la memoria de Casimiro Meseguer: un plano de planta a escala 1:200 y otro con once perfiles transversales a escala 1:50. AHMV: Emilio Rieta, Alineaciones, Caja 23; y Cajas Blancas, Caja 58.

19 AHMV: Libro de Actas de la Comisión de Caminos, Puentes y Pretilos, 17/VIII/1877; y Libro de Actas y Documentos, 12/IX/1877 y 17/X/1877.

20 AHMV: Emilio Rieta, Cajas Blancas, Caja 62.

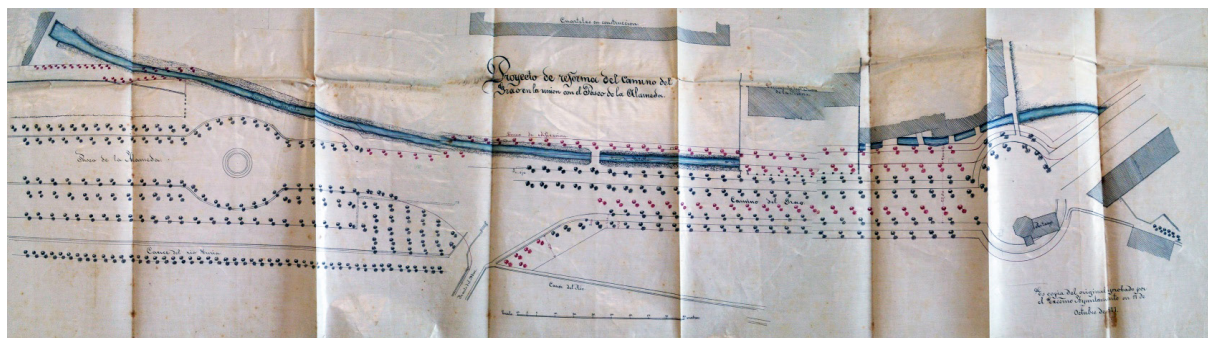
21 AHMV: Libro de Actas de la Comisión de Caminos, Paseos y Policía Rural, 17/II/1890; y Libro de Actas, 21/II/1912.

22 AHMV: Fomento, Policía Rural, Paseos y Arbolados, Subclase A.

23 AHMV: Fomento, Policía Rural, Río Turia y Acequias, Subclase F.

24 AHMV: Actas de la Comisión de Caminos, Paseos y Policía Rural, 10/II/1885.

Figura 3. Copia del proyecto de Casimiro Meseguer de reforma del camino Nuevo del Grao en su conexión con el paseo de la Alameda, 1877



Fuente: Archivo Histórico Municipal de Valencia

Vías metálicas (1884)

El auge económico de las décadas de 1870 y 1880 revitalizó la circulación de mercancías entre la ciudad de Valencia y su puerto, provocando la proliferación de almacenes y naves industriales en los márgenes de los dos caminos que los unían. El aumento del tráfico puso en evidencia el mal estado habitual de estos caminos, su reducida amplitud y sus constantes cambios de rasante. El desgaste del empedrado de solera obligaba a realizar dos subastas anuales para el suministro de piedra machacada, gasto al que debía sumarse el ocasionado por la compra y el mantenimiento de los cilindros compresores utilizados en las obras de pavimentación.²⁵ En los años económicos de 1881-1882 y 1882-1883, los gastos de conservación de los caminos del término ya suponían un tercio del presupuesto total del ramo de Caminos, Paseos y Policía Rural.²⁶

La idea de instalar vías metálicas en los caminos de mayor tránsito para evitar el desgaste de su firme fue expuesta por primera vez por Casimiro Meseguer a finales de 1883, al hacerse cargo del arreglo del camino Nuevo del Grao tras las lluvias del otoño.²⁷ Un año después, comunicó a la Comisión de Caminos, Paseos y Policía Rural que había iniciado un estudio sobre las ventajas que reportaban estas vías y que estaba esperando la respuesta de varias empresas extranjeras a las que había solicitado muestras y precios.²⁸ Aún tendrían que pasar tres años para que el ayuntamiento aceptase su propuesta y aprobase un ensayo con estos carriles en un tramo de 200 m. del camino Nuevo del Grao y otro más para que se llevase a cabo. Los raíles fueron suministrados por la compañía belga Demerbé y fletados desde el puerto de Amberes bajo la supervisión de Meseguer. El éxito de la prueba hizo que el ayuntamiento diera el visto bueno, a finales de 1889, a la extensión de las vías metálicas a todo el camino Nuevo del Grao.²⁹

Las obras empezaron en febrero de 1890 en el tramo comprendido entre el óvalo final del paseo de la Alameda y el paso a nivel del ferrocarril a Tarragona. Se decidió recubrir ambos lados de la vía con madera y dejar libre la entrevía, además de reformar las cunetas y el arbolado del camino. La fila interior de árboles que poseía fue eliminada en el mes de abril.³⁰ El pliego de condiciones para la adquisición de 5.500 m. de vía metálica fue aprobado el 1 de marzo, siendo anunciada la subasta simultánea que debía celebrarse en Madrid y Barcelona en la Gaceta de Madrid y el Boletín Oficial de la Provincia de Valencia. Celebrada la subasta el 16 de junio, el pedido fue adjudicado a Francisco Montalt a razón de 40.900 pesetas/kilómetro. Sin embargo, Montalt cedió sus derechos a la compañía francesa de Altos Hornos, Fraguas y Aceros de la Marina y de los Ferrocarriles de Saint Chamond, cuyo representante en Valencia era Rafael Valls.³¹

La compañía Demerbé apeló el resultado de la subasta aduciendo que gozaba del privilegio de invención. Esta reclamación judicial y los continuos retrasos en la entrega del material por parte de la compañía

25 El primer pliego de condiciones para el abastecimiento de piedra machacada firmado por Casimiro Meseguer, en AHMV: Actas de la Comisión de Paseos y Caminos, 26/VI/1875; el último, en AHMV: Fomento. Policía Rural, Rondas y Caminos, Subclase A, Caja 11. Data del 22/IV/1914.

26 AHMV: Actas de la Comisión de Caminos, Paseos y Policía Rural, 29/I/1881 y 2/X/1882.

27 AHMV: Actas de la Comisión de Caminos, Paseos y Policía Rural, 9 y 30/XI/1883.

28 AHMV: Actas de la Comisión de Caminos, Paseos y Policía Rural, 4/XI/1884.

29 AHMV: Actas de la Comisión de Caminos, Paseos y Policía Rural, 8/II, 14/XI y 6/XII/1889.

30 AHMV: Libro de Actas, 21 y 27/II y 14/IV/1890.

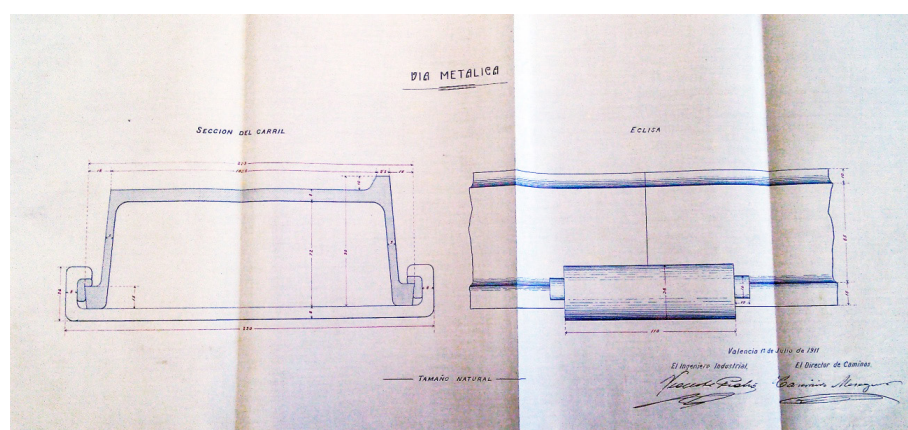
31 AHMV: Libro de Actas, 1/III, 16/VI y 6/X/1890.

concesionaria llevaron al ayuntamiento a solicitar permiso al Gobernador Civil para comprar las vías sin subasta y, a continuación, abrir un nuevo concurso en junio de 1891. Tres meses después, la compañía Demerbé consiguió la adjudicación del suministro de las 5.500 m. de vía metálica acordadas. A continuación, en febrero de 1892, se aprobó extender las obras al tramo del camino Nuevo del Grao entre las vías del ferrocarril a Tarragona y la calle Mayor del Grao.³² En abril, la colocación de las vías fue adjudicada a Antonio Mellado Montesinos y D. G. Vranken, ingeniero de la compañía Demerbé. Completada la instalación en el mes de octubre, se procedió a la reconstrucción de los pasos adoquinados destruidos por las obras.³³

Los beneficios derivados de la instalación de los carriles metálicos en el camino Nuevo del Grao hicieron que se extendiera a otras vías. En octubre de 1895 se aprobó su colocación en la bajada del puente del Mar frente a San Juan de Ribera; en noviembre de 1896, en la caída desde este puente hacia el camino de Monteolivete; en febrero de 1900, en la ronda exterior, desde el puente de San José hasta el camino Nuevo del Grao; y en diciembre de 1905, para el resto de rondas y el camino de Tránsitos de Consumos.³⁴ En abril de 1908, ante la previsible extensión a otros caminos, la Comisión de Caminos y Policía Rural aconsejó la elección del sistema Gravenhorst de instalación, que fue aceptado en febrero de 1909 frente al modelo de la compañía alemana Phoenix.³⁵ Las obras en los caminos de Monteolivete y de Tránsitos de Consumos y el puente de Nazaret acabaron a finales de 1912.³⁶ Quince años antes, el ayuntamiento ya había emitido un voto de gracias a Casimiro Meseguer por el éxito de su propuesta.³⁷

La vía diseñada por Casimiro Meseguer contemplaba un carril en E puesto en horizontal en el que se usaba como banda de rodadura el extremo más largo. La compañía Demerbé lo fabricó uniendo dos carriles de 10 m. con forma de U mediante pernos con tuerca y contratuerca colocados a lo largo del nervio central del carril. Las planchas resultantes tenían una anchura de 2,20 m. y una altura o profundidad de 132 cm. (Figura 4). Los carriles se unían entre sí con bridas interiores y se atirantaban con riostras planas con entalladuras. Estos carriles eran capaces de soportar un peso de 4 Tm. por rueda y estaban reforzados con cuñas de acero hincadas a golpe de mazo y adoquines colocados a tizón. Según calculaba Meseguer en un informe de 1897, la instalación de las vías metálicas en 1892 había supuesto un ahorro para el ayuntamiento de más de 30.000 pesetas anuales, quedando amortizado su coste hacia 1902. Una buen inversión, teniendo en cuentas que la vida útil de estas vías rondaría los 25 ó 30 años.³⁸

Figura 4. Dibujo de la vía metálica diseñada por Casimiro Meseguer, realizado en colaboración con el ingeniero municipal Vicente Pichó, 1911



Fuente: Archivo Histórico Municipal de Valencia

Camino-paseo Valencia al Mar (1888)

El camino-paseo de Valencia al Mar fue proyectado por Casimiro Meseguer con el objetivo de dotar a la ciudad con una vía alternativa a las playas del norte que ayudara a descongestionar el camino Nuevo

32 AHMV: Libro de Actas, 1 y 22/VI y 14 y 28/IX/1891.

33 AHMV: Libro de Actas, 4 y 11/IV y 24/X/1892.

34 AHMV: Libro de Actas, 17/X/1895, 9/XI/1896; 12/II/1900; y 4/XII/1905.

35 AHMV: Libro de Actas, 6/IV/1908 y 8/II/1909.

36 AHMV: Fomento. Policía Rural, Rondas y Caminos, Subclase A, Caja 8.

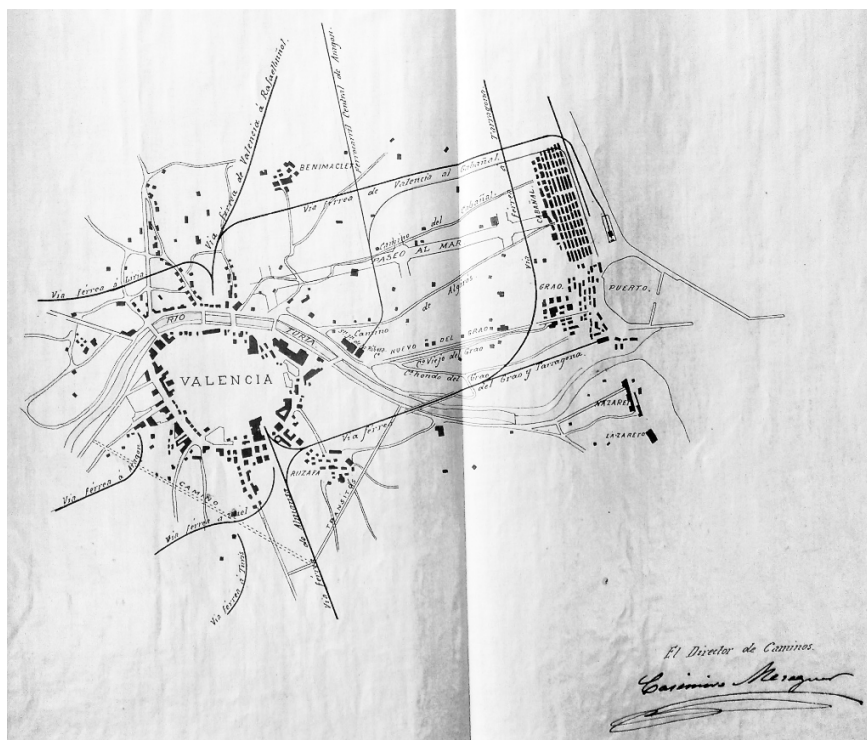
37 AHMV: Libro de Actas, 26/VII y 9/VIII/1897.

38 AHMV: Personal. Paseos y Caminos, 24/VII/1897.

del Grao, saturado por el tráfico comercial hacia el puerto. Aunque fue incluido en el plan municipal de caminos aprobado por el Gobernador Civil en enero de 1883, con la denominación de *Camino Paseo desde la Alameda hasta la playa del Cabañal*, la primera presentación de este proyecto no se produjo hasta enero de 1888.³⁹ Fue aprobado finalmente en junio de 1893 y declarado de utilidad pública por el Congreso de los Diputados un mes más tarde. La defensa del proyecto en Madrid fue realizada por el diputado e ingeniero de caminos Luis Page Blake, elegido por la circunscripción de Valencia (distrito de Requena) entre 1893 y 1896.⁴⁰

La propuesta definitiva fue presentada en septiembre de 1895 y elevada al Gobernador Civil, una vez superado el proceso de exposición pública y presentación de alegaciones, en mayo de 1896.⁴¹ Ante la imposibilidad de ponerlo en marcha, en 1898 se formó una comisión mixta con miembros de las áreas municipales de Caminos y Hacienda. Esta comisión presentó las bases del concurso que debía materializar el proyecto en agosto de 1899, pero los trabajos no terminaron de arrancar a causa de la lentitud del proceso de expropiación de las más de 400 hanegadas de huerta afectadas.⁴² En los años siguientes, lo único relevante fue la cesión de terrenos para la construcción de la Facultad de Medicina en agosto de 1906 y la convocatoria de un nuevo concurso de ideas a mediados de 1907.⁴³ No fue hasta 1926, once años después de la muerte de Casimiro Meseguer, cuando el general Miguel Primo de Rivera puso la primera piedra de la actual avenida.

Figura 5. Plano de las principales vías de la ciudad de Valencia. Casimiro Meseguer, 1899



Fuente: Archivo Histórico Municipal de Valencia

El proyecto de Casimiro Meseguer, diferente del finalmente ejecutado, tomaba como referente la reforma ya efectuada en el paseo de la Alameda: un eje absolutamente rectilíneo en el que sobresalían una calzada central con dos andenes arbolados a ambos lados y varias plazas situadas en la intersección con

39 AHMV: Libro de Actas y Documentos, 27 y 31/I/1883; y Libro de Actas de la Comisión de Caminos, Paseos y Policía Rural, 20/I/1888.

40 AHMV: Libro de Actas, 26/VI y 17/VII/1893. Datos del diputado Luis Page Blake en el Archivo del Congreso de los Diputados de Madrid: Documentación Electoral, 107, n° 53. La defensa de Page del 16/VI/1893 y la declaración de utilidad pública del paseo del 18/VII/1893, en *Diario de Sesiones del Congreso de los Diputados*, 1893, Madrid. Apéndice 14° al número 90 y Apéndice 19° al número 52, respectivamente.

41 AHMV: Libro de Actas, 12 y 19/IX/1895; y 11/V/1896.

42 AHMV: Libro de Actas, 27/VIII/1898; 14 y 21/VIII/1899.

43 AHMV: Libro de Actas, 13/VIII y 22/X/1906; y 6/V/1907. Casimiro Meseguer fue el encargado de medir los terrenos cedidos por el ayuntamiento para la construcción de la Facultad de Medicina.

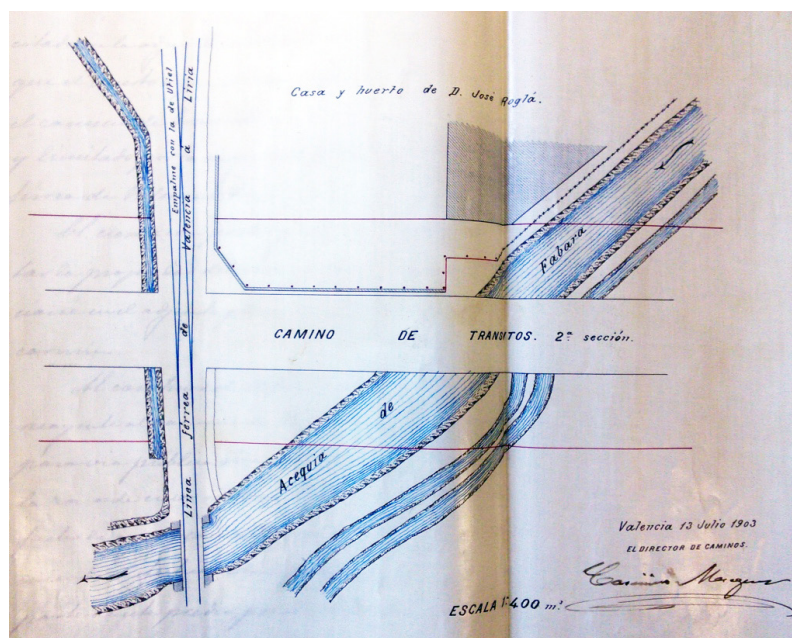
otras vías para permitir los cambios de sentido (Figura 5). La anchura total del paseo era de 100 m.: 25 m. para el andén central; 20 m. para los dos andenes peatonales laterales; 28 m. para las dos franjas de jardinería y arbolado paralelas a estos últimos; 24 m. para arroyos y aceras; y 3 m. para las cunetas. Al margen de conectar la ciudad con su frente marítimo, el paseo aspiraba a reordenar los terrenos agrícolas situados entre los caminos de Algirós y del Cabañal siguiendo la tradición de la vivienda residencial suburbana. Un paseo-jardín que no pudo llevarse a cabo, en ese momento, por el elevado precio de la tierra y la preferencia de la burguesía valenciana por la vida en el ensanche (Piñón, 1988).

Se ha escrito que este proyecto pudo haberse inspirado en otro anterior del arquitecto Manuel Sorní para la construcción de un tranvía entre Valencia y los Poblados Marítimos (Boira, 2000; Piñón, 2000) y es muy posible que así fuese. Sorní no solo fue arquitecto municipal de Valencia entre 1854-1856 y 1868-1870, sino que en 1869 fue nombrado Director de Carreteras y Caminos Vecinales de la Diputación Provincial de Valencia, cargo que ocupó, al menos, hasta 1871.⁴⁴ En esas fechas, Casimiro Meseguer estaba destinado en Valencia como Ayudante 4º de Obras Públicas, de modo que no solo pudo acceder a la documentación municipal generada por Sorní al acceder a la Dirección de Caminos, sino que también pudo coincidir con él en alguna obra. Esta posibilidad no impide que Meseguer tuviera presente otras iniciativas de gran impacto en la ciudad. Entre ellas, y de manera singular, la construcción a partir de 1802 del camino Nuevo del Grao (Pingarrón, 1996-1997).

Camino de Tránsitos de Consumos (1895)

El camino de Tránsitos de Consumos fue creado para evitar que el tráfico de vehículos que no tenía como destino la ciudad de Valencia tuviera que atravesarla. Hay que recordar que, hasta principios del siglo XX, los carros con mercancías que entraban en ella tenían que pagar una tasa de consumos en los portazgos situados en los caminos de acceso. El nuevo camino constituía la tercera ronda de circunvalación en el margen derecho del río Turia (concéntrica a los anillos formados por el espacio de la antigua muralla y las grandes vías) y la primera en los espacios de nueva urbanización del margen izquierdo. Fue concebido en varias fases o secciones: la 1ª comprendía desde el cauce del río a la altura del camino de Monteolivete hasta la carretera de Casas del Campillo; la 2ª, desde esta última hasta el cauce del río frente a Campanar; y la del Este, por último, desde la carretera de Ademuz hasta el camino Nuevo del Grao (Figura 6).

Figura 6. Plano de detalle del proyecto del camino de Tránsitos de Consumos. Casimiro Meseguer, 1903



Fuente: Archivo Histórico Municipal de Valencia

⁴⁴ Archivo General y Fotográfico de la Diputación Provincial de Valencia: Fomento. Carreteras y Caminos Vecinales, Personal de Carreteras, Caja 5. El nombramiento de Sorní se produjo el 13/III/1869.

El proyecto de las dos primeras secciones fue elevado al Gobernador Civil, a instancias de la Comisión de Caminos, Paseos y Policía Rural, en julio de 1895; el correspondiente a la sección del Este (luego, del Norte), en mayo de 1896.⁴⁵ En abril de 1897 se aprobó el plano de las alineaciones a las que debía sujetarse la edificación a ambos lados del camino en sus dos primeras secciones y, seis meses después, el proyecto de reforma de sus rasantes.⁴⁶ Sin embargo, las obras avanzaron con mucha lentitud debido, como en el camino-paseo Valencia al Mar, al costoso proceso de expropiaciones que generaban. Con el fin de agilizarlas, en noviembre de 1898 una comisión mixta que incluía a representantes de la Comisión de Consumos propuso una modificación, luego rechazada, del proyecto de la sección del Este que dejaba fuera los poblados de Orriols, Benimaclet y Campanar. La aprobación definitiva de este último por el Gobernador Civil no se produciría hasta octubre de 1900.⁴⁷

Las dos primeras secciones del camino estaban acabadas a principios del siglo XX; la sección del Este no lo estuvo hasta 1911. En 1903 se aprobó el proyecto de las alineaciones que le afectaban y se cambió su denominación por la de sección del Norte.⁴⁸ Al año siguiente, se acordaron los pliegos de condiciones para la construcción de esta sección, desde la carretera de Madrid hasta el camino Nuevo del Grao, así como para su afirmado y el de la carretera de Ademuz.⁴⁹ La liquidación de gastos para el tramo entre la carretera de Ademuz y el camino de Benimaclet se produjo en septiembre de 1908; la correspondiente al tramo entre los caminos de Benimaclet y Nuevo del Grao, en junio de 1910. La recepción definitiva de las obras tuvo lugar en mayo de 1911, pero la apertura completa del camino se retrasó hasta que estuvieron resueltos los cruces con paso a nivel de los ferrocarriles económicos de Valencia a Rafelbuñol y el Grao en los que Casimiro Meseguer venía trabajando desde 1905.⁵⁰

3.3. Óbito y reconocimiento público

Casimiro Meseguer falleció el 1 de enero de 1915 en su domicilio de la calle de Los Ángeles, muy cerca del Mercado Central de Valencia, mientras desayunaba. Esa misma tarde, los diarios de la ciudad le reconocieron su gigantesca obra y se deshicieron en elogios hacia su persona. El cortejo fúnebre celebrado al día siguiente, desde la casa mortuoria hasta la iglesia de San Agustín, constituyó una enorme muestra de respeto. A su paso, en el ayuntamiento ondeaba la bandera a media asta y media puerta del portal permanecía cerrada en señal de luto. El ataúd era portado a hombros por peones camineros e iba precedido por el clero de los Santos Juanes con cruz alzada y por la práctica totalidad de la clase política de la ciudad. Su entierro en el Cementerio General fue, igualmente, un sentido acto de homenaje.⁵¹ Poco después, el pleno municipal acordó por unanimidad recoger en acta su consternación por el fallecimiento, se hizo cargo de los gastos del entierro y concedió a su viuda una pensión vitalicia de 1.500 pesetas.⁵²

4. Discusión de resultados

Casimiro Meseguer fue uno de los mayores protagonistas de la transformación urbanística que experimentó la ciudad de Valencia en la transición entre los siglos XIX y XX. Un hecho singular teniendo en cuenta que no formaba parte del grupo de arquitectos que dirigía los organismos encargados de vigilar dicho proceso. Formado como Ayudante de Obras Públicas, su ingente labor debe entenderse como la de un urbanista autodidacta, impelido por las obligaciones de su cargo a tomar decisiones que le sobrepasaban. La enorme complejidad de la zona extramuros, sobre la que se asentarían el ensanche y la urbanización paralela de terrenos intermunicipales, dejó en su manos la articulación de un espacio caótico sometido a dinámicas que únicamente eran posibles gracias a la red existente de sendas y caminos. El crecimiento demográfico y económico iniciado en la década de 1870 provocó la caducidad de esta red y obligó a un enorme ejercicio de reacomodación y ampliación de las vías que la formaban.

45 AHMV: Libro de Actas, 29/VII/1895 y 11/V/1896.

46 AHMV: Libro de Actas, 22/II y 25/X/1897. Los planos de las dos primeras secciones, en AHMV: Emilio Rieta, Alineaciones, Caja 8.

47 AHMV: Libro de Actas, 14/XI/1898; 14 y 21/VIII/1899; y 2/X/1900.

48 AHMV: Libro de Actas, 22/VI y 5/X/1903.

49 AHMV: Libro de Actas, 30/V y 8/VIII/1904.

50 AHMV: Libro de Actas, 3/IV/1905; 28/IX/1908, 20/VI/1910 y 1/V/1911.

51 Véanse las crónicas del 2/I/1915 publicadas en los periódicos *La Correspondencia*, *El Pueblo*, *Las Provincias* y *El Diario de Valencia*. Consultadas en la Hemeroteca Digital de la Biblioteca Nacional de España; y la Biblioteca Virtual de Prensa Histórica del Ministerio de Cultura y Deporte.

52 AHMV: Libros de Actas, 8/II/1915.

El aumento de la circulación de vehículos mostró la insuficiencia de estas vías, así como el obstáculo que suponían para la instalación de infraestructuras emergentes como el alcantarillado, las conducciones de agua y electricidad o el propio tranvía. Casimiro Meseguer se ocupó del mantenimiento, la alineación y la conversión de estos caminos en vías urbanas. Una empresa encomiable, que atendió según todas las fuentes con suma dedicación. Ahora bien, ¿cómo pudo imaginar y emprender proyectos tan ambiciosos como los mencionados, tan alejados de sus obligaciones contractuales? Con toda probabilidad, por un efecto de capilaridad difícil de probar a partir de las fuentes existentes. Meseguer compartió estudios y trabajo de campo con algunos de los mejores ingenieros del estado y los mejores arquitectos valencianos de la época, a los que tuvo, respectivamente, como profesores en la Academia de Ayudantes de Obras Públicas (Lucio del Valle, Calixto de Santa Cruz, Juan López del Rivero, Práxedes Mateo Sagasta, Eduardo Echegaray, etc.) y como superiores en la Sección de Policía Urbana de la ciudad de Valencia (Joaquín M^a Arnau, José M^a Manuel Cortina, Luis Ferreres, Sebastián Monleón, etc.).

De todos ellos debió adquirir las nociones sobre urbanismo que le permitieron acometer la planificación de los espacios extramuros que tenían encomendados. De sus ideas, la más original fue, sin duda, la instalación de planchas metálicas en los caminos más transitados de la ciudad como solución a los elevados costes de las subastas de piedra machacada. Se sabe que esta solución fue imitada en otras ciudades europeas y que no sería superada hasta la implantación de los asfaltos modernos (Esparza, 2017). También debe agradecerse a Casimiro Meseguer la construcción del camino de Tránsitos de Consumos como alternativa al tráfico intraurbano de vehículos. Esta propuesta sólo es comparable en su época con el paseo de Ronda que Pedro Núñez Granes imaginó (y no materializó) para la ciudad de Madrid en 1906. Los planos que recogían su proyecto de urbanización del extrarradio madrileño fueron presentados en 1909, catorce años más tarde que los evaluados por el ayuntamiento de Valencia en respuesta a la petición de Casimiro Meseguer.

Menos originales fueron los trabajos programados por Meseguer para la Alameda de Valencia y el paseo Valencia al Mar. El primero de ellos contaba con los precedentes firmados por los arquitectos valencianos Jorge Gisbert, Joaquín Tomás Belda y Carlos Spain y respondía al prototipo ilustrado de paseo burgués, consolidado en el siglo XIX gracias a la valoración positiva que habían adquirido los salones ajardinados (Santamaría, 1988). El segundo, por su parte, era contemporáneo del proyecto de ciudad lineal para Madrid de Arturo Soria (1886) y seguía la estela de los Public Walks de Londres, los bulevares de París, el Ringstrasse de Viena o el paseo de Recoletos-Castellana de Madrid delineado por Javier Mariátegui en 1833 (Sambrić, 1992; Roch, 1998 y 2000-2001). Ambos programas respondían a un geometrismo lineal que rompía con la cuadrícula del ensanche y buscaba resolver los problemas generados por la insuficiencia de los accesos al puerto de la ciudad (Delgado, 2010) y la implantación progresiva del tranvía (Giménez, 1999).

5. Conclusiones

Aunque se había iniciado con anterioridad, el crecimiento urbano de la ciudad de Valencia no se aceleró hasta el inicio del derribo de sus murallas medievales en 1865. Este proceso fue dirigido desde los negociados de Policía Urbana y Ensanche del ayuntamiento que encabezaban los arquitectos municipales, integrados más tarde en la Sección de Fomento. La Sección Facultativa de Policía Urbana y las direcciones anexas de Caminos y de Paseos, Arboledas y Jardines, en sus distintas denominaciones, fueron los organismos que materializaron las decisiones políticas en el día a día. En el interior del casco urbano se derribaron edificios que dificultaban el tránsito, se reordenaron calles y plazas y se abrieron nuevas vías de circulación. En el exterior, dominado todavía por los campos de cultivo, los aguazales y los eriales, se modificó y amplió la red de caminos, se abrieron otros nuevos y se pusieron las bases para la anexión de los poblados próximos (Ruzafa, Patraix, Benimaclet, Orriols, etc.).

Estos cambios, dilatados en el tiempo, cambiaron definitivamente la fisonomía de la ciudad. La Valencia que hoy conocemos fue el producto de un crecimiento tentacular que aprovechó la multitud de caminos existente en la zona extramuros. En sus márgenes se levantaron edificios, almacenes y naves industriales, hasta constituir una mancha urbana con visos de continuidad. La conexión y (re)alineación de estos caminos fue un desafío técnico que sólo pudo resolverse mediante la movilización de cientos de operarios (sobrestantes, auxiliares, delineantes, capataces, peones, etc.) y la inversión de ingentes cantidades de dinero provenientes de los presupuestos municipales. Al frente de todas estas gestiones

(también de las económicas) estuvo durante cuarenta años Casimiro Meseguer Bonet, nombrado director municipal de Caminos en 1874 tras haberse formado como Ayudante de Obras Públicas en la escuela homónima de Madrid.

En esas cuatro décadas (1874-1914), Casimiro Meseguer no sólo se ocupó de las tareas cotidianas que eran propias de su cargo, sino que prefiguró la Valencia del futuro. En su despacho fueron proyectados los ejes de crecimiento que todavía hoy condicionan la vida de la ciudad: la ronda de Tránsitos de Consumos, la avenida de Vicente Blasco Ibáñez, la conexión entre la avenida del Puerto y la Alameda o la autopista de El Saler. Fue un trabajador infatigable, inasequible al desaliento, al que la muerte sorprendió en plena actividad. Tres semanas antes había redactado su último informe, referido a un deslinde de terrenos junto a la acequia de Fabiana en la zona de Francos y Marjales, y sólo hacía diez días que había sido elegido para formar parte de la comisión que debía proceder al deslinde de todos los caminos y las parcelas municipales del término.⁵³ Era, en esos momentos, el funcionario más antiguo del ayuntamiento de Valencia. Un funcionario ejemplar, integérrimo, que no había disfrutado de un solo permiso o licencia de trabajo en cuarenta años de servicio.⁵⁴

Agradecimientos

Este artículo está dedicado al Dr. Joan Francesc Mateu Bellés, maestro y amigo, en consideración a su extraordinaria carrera como docente e investigador.

Referencias

- Arbaiza, S. (2014). Manuel Blanco y Cano: un arquitecto del siglo XIX. *Academia*, (116), 55-98.
- Arnau, J. (Dir.) (2011). *Fabular edificando: la obra de Cortina*. Valencia: Generalitat Valenciana.
- Arnau, J., Peiró, M.J. y Poyatos, J. (2008). *La arquitectura de Arnau Miramón en la Valencia de 1900*. Recuperado de <http://www.quinoarnau.com/miramon/Valencia1900.pdf>
- Anguita, R. (1997). *Ordenanza y Policía Urbana. Los orígenes de la reglamentación edificatoria en España (1750-1900)*. Granada: Universidad de Granada-Junta de Andalucía.
- Anguita, R. (2001). Comisiones de Ornato Público, cuerpos de vigilancia de Policía Urbana y arquitectos municipales: el control de la actividad urbanística-edificatoria durante la génesis de la ciudad burguesa en España (1836–1898). En J.R. Cirici y M.D. Antigüedad (Coords.), *Arquitectura y ciudad en España de 1845 a 1898* (pp. 225-230). Cádiz: Universidad de Cádiz.
- Anónimo (1910). Los carriles en las carreteras. *Revista Ilustrada de Banca, Ferrocarriles, Industria y Seguros*, 420-422.
- Benito, D. (1983). *La arquitectura del eclecticismo en Valencia. Vertientes de la arquitectura valenciana entre 1875 y 1925*. Valencia: Ajuntament de València.
- Boira, J. V. (2000). Els orígens del passeig de València al Mar: el projecte de Manuel Sorní de 1865. *Cuadernos de Geografía*, (67/68), 191-207.
- Cabrera, I. (2015). Timoteo Calvo Ibarra (1799-1879). Un arquitecto valenciano durante el reinado de Isabel II. *Archivo de Arte Valenciano*, (96), 199-210.
- Capel, H. (2009a). La historia, la ciudad y el futuro. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, (XIII), 307. Recuperado de <https://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/1613>
- Capel, H. (2009b). Geografía e historia urbana. En C. Delgado, L. Sazatornil y G. Rueda (Coords.), *Historiografía sobre tipos y características históricas, artísticas y geográficas de las ciudades y pueblos de España* (pp. 99-106). Santander: Ediciones TGD.
- Cardesín, J. M. y Mirás, J. (2014). La historia urbana de España (siglos XVIII- XXI). En C. Lamela, J.M. Cardesín y M. García (Eds.), *Dinámicas territoriales en España. Problemas y tendencias en la estructura y ordenación del territorio* (pp. 21-51). Madrid: Biblioteca Nueva.

53 AHMV: Libro de Actas, 7 y 22/XII/1914.

54 AHMV: Fomento. Personal. Licencias, Asistencia y Hojas de Servicio, Caja 5.

- Casao, R. y García, M. (Eds.) (2009). *Otra lectura de la reforma interior. En torno al proyecto de Luis Ferreres*. Valencia: Ajuntament de València.
- Delgado, C. (2010). Entre el puerto y la estación. La influencia de las infraestructuras de transporte en la morfología de las ciudades portuarias españolas (1848–1936). *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, (XIV), 330. Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-330.htm>
- Delgado, C. (2016). Miradas sobre la ciudad desde la Geografía, la Historia y el Urbanismo. El estado de la cuestión a comienzos del siglo XXI. *Ciudades*, (19, 1), 117-142. <https://doi.org/10.24197/ciudades.19.2016.117-142>
- Dirección General de Obras Públicas. (1859). *Memoria sobre las Obras Públicas en España en fin del primer trimestre de 1859, presentada al Excmo. Sr. Ministro de Fomento (...)*. Madrid: Imprenta Nacional.
- Dirección General de Obras Públicas. (1861). *Memoria sobre el progreso de las Obras Públicas en los años de 1859 y 1860, presentada al Excmo. Sr. Ministro de Fomento por (...)*. Madrid: Imprenta Nacional.
- Escuela de Ayudantes de Obras Públicas. (1868). *Programas de las asignaturas que comprende la enseñanza en el curso de 1867 a 1868*. Madrid: M. Rivadeneyra.
- Faus, A. (2017). Planos de alineación de los antiguos caminos extramuros de la ciudad de Valencia (1860-1887). En L. Urteaga y F. Nadal (Eds.), *Historia de la cartografía urbana en España: modelos y realizaciones* (pp. 407-431). Madrid: Ministerio de Fomento, IGN, CNIG.
- Faus, A. (2018a). La Sección Facultativa de Policía Urbana de la ciudad de Valencia. Evolución institucional (1844-1909). *Saitabi*, (68), 11-32.
- Faus, A. (2018b). Quinientos planos de alineación de la ciudad de Valencia (1860-1909). *Cuadernos de Geografía*, (100), 121-148.
- Esparza, D. (2017). *Barcelona a ras de suelo*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Fernández, G. (2011). Crecimiento urbano y modernización en España entre 1857 y 1900. *Eria*, (84-85), 5-46.
- Gavara, J. J. (1994). El paseo de la Alameda de Valencia. Historia urbana de un espacio para la recreación pública (1644-1994). *Ars Longa*, (5), 147-157.
- Giménez, V. (1999). *Ferrocarriles y tranvías. El inicio de los ferrocarriles y tranvías de vía estrecha en Valencia*. Valencia: Alfons el Magnànim.
- Jaime, J. M. de (2013). *Juan Mercader Gontier (Segorbe, 1824-¿1872?)*. *Arquitecto, catedrático y director de la Escuela Industrial de Valencia*. Segorbe: Fundación Mutua Segorbina.
- Mendoza, J. (2011a). Las ciudades españolas a finales del siglo XIX: la visión de los técnicos. *Ciudad y territorio*, (169-170), 131-152.
- Mendoza, J. (2011b). La ciudad: teoría y prácticas en la ciudad burguesa. En Silva, M. *Técnica e ingeniería en España (VI)*, 741-787. Zaragoza: Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico, Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Ministerio de Fomento. (1882). *Escalafón del Cuerpo de Ayudantes de Obras Públicas, ratificado a 1º de enero de 1882*. Madrid: Manuel Minuesa de los Ríos.
- Ministerio de Fomento. (1893). *Escalafones de los cuerpos de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, de Ayudantes y Sobrestantes de Obras Públicas*. Madrid: Viuda de M. Minuesa de los Ríos.
- Miño, L. (2003). El empleo del método de la historia en la investigación urbana. *Anuario de la Universidad Internacional SEK*, (8), 269- 284.
- Muñoz, M. J. (2011). Los orígenes del trazado del paseo de la Castellana. *Anales del Instituto de Estudios Madrileños (LI)*, 241-260.
- Navascués, A. de y Pinillos, J. (1892). *Manual administrativo personal de Obras Públicas (...)* II. *Ayudantes de Obras Públicas*. Madrid: Manuel Minuesa de los Ríos.
- Pingarrón, F. (1996-1997). El expediente municipal para la apertura del nuevo camino del Grao de Valencia (1787-1790). *Ars Longa*, (7-8), 111-124.
- Piñón, J. L. (1988). Razones y sinrazones del paseo de Valencia al Mar de Casimiro Meseguer. En Serrano, A. (Coord.), *I Congrés d'Història de la ciutat de València* (II, 1.3.). Valencia: Ajuntament de València.

- Piñón, J. L. (2000). Conjeturas sobre los orígenes del paseo de Valencia al Mar. En S. Dauksis y F. Taberner (Eds.), *Historia de la Ciudad. Recorrido histórico por la arquitectura y el urbanismo de la ciudad de Valencia (I)* (pp. 147-161). Valencia: ICARO-COACV.
- Ramos, D. (2007). La creación de la Escuela de Obras Públicas de Madrid. *Cimbra*, (373), 8-23.
- Sanchis, E. (1896). El camino del Grao de Valencia. *Revista de Obras Públicas-Boletín*, (43), 78-80.
- Sanchis, E. (1897). Carriles en las carreteras. *Revista de Obras Públicas-Boletín*, (44), 420-422, 617-619 y 647-648.
- Sanchis Guarner, M. (1972). *La ciutat de València. Síntesi d'Història i de Geografia Urbana*. Valencia: Cercle de Belles Arts.
- Santamaría, M. T. (1988). La Alameda de Valencia. Prolongación y mejora del paseo en la segunda mitad del siglo XIX. Los proyectos de Joaquín Belda (1861), Carlos Spain (1862) y Casimiro Meseguer (1875 y 1877). En A. Serrano (Coord.), *I Congrés d'Història de la ciutat de València (II)*, 3.3. Valencia: Ajuntament de València.
- Settier, A. (1912). Las carreteras destruidas. *Madrid Científico*, (757), 686-688.
- Taberner, F. (Ed.). (2000-2016). *Historia de la Ciudad. Recorrido histórico por la arquitectura y el urbanismo de la ciudad de Valencia*. Valencia: ICARO-COACV.
- Teixidor, M^a J. (1982). *València. La construcció d'una ciutat*. Valencia: Institució Alfons el Magnànim.
- Terán, F. (1996). Evolución del planeamiento urbanístico (1846-1996). *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, (XXVIII, 107-108), 167-184.
- Terán, F. de (1999). *Historia del urbanismo en España. Vol. III. Siglos XIX y XX*. Madrid: Cátedra.
- Roch, F. (1998). Mirando hacia atrás: la Ciudad Jardín cien años después. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, (XXX, 116), 449-474.
- Roch, F. (2000-2001). La Ciudad Jardín, la urbanidad revisitada. *Ciudades. Revista del Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid*, (6), 21-33.
- Sambricio, C. (1992). De la ciudad lineal a la ciudad jardín. Sobre la difusión en España de los supuestos urbanísticos a comienzos del siglo. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, (94), 147-159.
- Straszewicz, L. (1981). Papel del geógrafo en las investigaciones del espacio urbano. *Geographicalia*, (9), 111-116.

Cita bibliográfica: Meza, J.C., & Ramírez, M.L. (2021). Análisis espacial de la expansión urbana y la incidencia de las políticas habitacionales en la ciudad de General José de San Martín (Provincia del Chaco, Argentina). *Investigaciones Geográficas*, (76), 163-177. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18372>

Análisis espacial de la expansión urbana y la incidencia de las políticas habitacionales en la ciudad de General José de San Martín (Provincia del Chaco, Argentina)

*Spatial analysis of urban expansion and the incidence of housing policies
in the city of General José de San Martín (Province of Chaco, Argentina)*

Julio César Meza^{1*} 
Mirta Liliana Ramírez² 

Resumen

El objetivo de este trabajo es analizar la expansión urbana de la ciudad de General José de San Martín, Provincia del Chaco (Argentina), e identificar la incidencia de los planes habitacionales estatales como uno de los principales elementos de la conformación de áreas de crecimiento horizontal en las ciudades. La investigación centrada especialmente en aspectos tales como la distribución y la cuantificación de las superficies de las nuevas áreas de expansión y de suelo ocupadas por los conjuntos habitacionales tomando el periodo entre los años 1911 y 2017, se basó en la aplicación de Teledetección y el empleo de Sistemas de Información Geográfica (SIG), tanto para el análisis espacial como para la representación cartográfica. Las principales fuentes de información han sido las imágenes satelitales de las misiones Landsat 5 y 8, y capas en formato vectorial. Como principal resultado se destaca la expansión de la mancha urbana en el periodo analizado y la incidencia de la ejecución de conjuntos habitacionales del Estado como una de las causas de dicho proceso. De esta manera se pudo generar evidencias respecto al grado de intervención estatal en la configuración del modelo territorial actual de la ciudad.

Palabras clave: Crecimiento urbano; Suelo urbano; Políticas habitacionales; Teledetección; Provincia del Chaco.

Abstract

This work analyses the urban expansion of the city of General José de San Martín in the province of Chaco (Argentina) and identifies state housing plans as one of the main elements in the appearance of growth areas in the city. The research focuses on aspects such as the distribution and quantification of the surface of the new areas of expansion and land occupied by the housing complexes between 1911 and 2017. It is based on the application of remote sensing and geographic information systems for spatial analysis and cartographic representation. The main sources of information have been the satellite images from the Landsat 5 and 8 missions and vector format layers. The main result is to reveal the expansion

1 Instituto de Investigación para el Desarrollo Territorial y del Hábitat Humano (IIDTHH) – (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET – Universidad Nacional del Nordeste UNNE). Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. julio_4152@hotmail.com *Autor para correspondencia

2 Instituto de Investigación para el Desarrollo Territorial y del Hábitat Humano (IIDTHH) – (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET – Universidad Nacional del Nordeste UNNE). Departamento e Instituto de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. liliana.ramirez.resistencia@gmail.com

of the urban area in the period analysed and the incidence of the execution of state housing complexes as one of the causes of this process. In this way it is possible to generate evidence regarding the degree of state intervention in the configuration of the current territorial model of the city.

Keywords: Urban growth; urban soil; housing policies; remote sensing; Province of Chaco.

1. Introducción

La ciudad de General José de San Martín (Chaco, Argentina) es un asentamiento considerado de tamaño intermedio en el sistema urbano provincial y cumple un rol importante como nodo regional en el noreste de la provincia. Al igual que los demás poblados de dicho sistema, otras ciudades de la región nordeste del país y de todo el territorio nacional, en las últimas décadas vio modificada su configuración inicial estimulada por la dinámica poblacional y productiva de la región, y de la provincia en general.

Este trabajo tiene como objetivo analizar la expansión urbana de la ciudad de General José de San Martín (Provincia del Chaco), desde 1911 hasta el año 2017, e identificar la incidencia espacial de la ejecución de los planes habitacionales del Estado en la conformación de nuevas áreas de crecimiento expansivo. La investigación se centró especialmente en aspectos tales como la distribución y la cuantificación de las superficies las áreas de expansión por periodos y de suelo ocupadas por los conjuntos habitacionales mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica. En ese sentido, se han planteado algunos interrogantes tales como ¿cuál es la extensión de área urbana que aumentó en cada década del periodo de estudio? ¿Cuál es la relación con el crecimiento poblacional? y ¿cuál es la superficie ocupada por los planes de viviendas estatales, es decir, cuál fue la incidencia territorial de estas políticas en dicho procesos de expansión?. De esta manera, y a través de futuros trabajos, se pretende demostrar cuales son los diferentes elementos y las formas de producción de suelo urbano que están determinando el desarrollo urbano actual y generar un aporte al conocimiento de las diversas modalidades de ocupación de suelo urbano en las ciudades de tamaño intermedio en el sistema urbano provincial.

1.1. Aspectos teóricos-conceptuales

En palabras de Azócar, Sanhuesa y Henríquez (2003) “La ciudad es el hábitat humano por excelencia; la proporción de población urbana en comparación con la población rural y el crecimiento acelerado de las ciudades, tanto en habitantes como en extensión, son fenómenos globales que así lo demuestran” (p. 3). La concentración de los grupos sociales en áreas urbanas y la consecuente expansión de éstas son fenómenos ya conocidos, que requieren cada vez más de una atenta mirada de académicos y decisores políticos, así como de espacios de trabajo conjunto entre ambos, pues así lo avalan el amplio abanico de estudios vinculados con estos temas y que muchas veces ponen en evidencia la desarticulación entre estos actores.

La ciudad es el espacio por excelencia en el que la sociedad se reproduce, donde los asentamientos humanos se expresan físicamente y en su proceso de crecimiento pueden reconocerse varias etapas: la *expansión*, la ciudad crece transformando el suelo rural en urbano vinculado al tipo de actividades que se realizan y donde ocurre la subdivisión de parcelas y apertura de nuevas calles, la *consolidación*, está vinculado al tendido de las redes de servicios públicos y construcción de infraestructura y la tercera etapa es la *densificación*, sucede cuando las áreas consolidadas comienzan a crecer en altura o simplemente el aumento de población por unidades de superficies. Estas etapas conviven de manera simultánea en la ciudad: mientras que en un extremo crece, en otro se consolida y en otros (generalmente el centro) se densifica (Tella, s/f; Ramírez y Pértile, 2013).

Dentro de las etapas o fases mencionadas, este trabajo hará hincapié en la primera de ellas, la expansión, entendida como proceso vinculado al aumento por extensión de la mancha urbana mediante modalidades históricamente determinadas por el contexto social, económico y político en que se materializan, las cuales se expresan territorialmente en la estructura urbana y del entorno (Lancioni, Dellachaux y Ríos, 2012), aunque indirectamente se enfatizará en la consolidación ya que es una etapa implícita en la construcción de conjuntos habitacionales debido al tendido de redes de servicios que acompaña dicho proceso.

Tal como lo mencionan Azócar *et al.* (2003) existen factores globales que explican la evolución reciente de las ciudades en un contexto de globalización económica, pero también es posible identificar

factores regionales y locales que le otorgan rasgos propios al desarrollo urbano de los diferentes centros. Atendiendo a factores locales, puede mencionarse uno en particular y es la situación socioeconómica de la población lo que se traduce en procesos demográficos y de acceso diferencial al suelo urbano. “En muchas ciudades de América Latina, el surgimiento de nuevas zonas residenciales, comercios, equipamientos y servicios destinados a grupos sociales cada vez más segregados espacialmente ha sido un importante factor de crecimiento urbano” (Azócar *et. al*, 2003, p.80).

El incremento poblacional también como parte del proceso de crecimiento urbano, repercute en la expansión incesante del perímetro de las ciudades, la cual no es perceptible a simple vista sino que con los años se hace evidente la anexión de pequeños terrenos en las periferias, que se van densificando gradualmente. Es así que se consolidan zonas que inicialmente no han sido consideradas para habitar, se subdividen o se lotean y se ocupan. La subdivisión del territorio se hace posible porque diferentes actores locales o provinciales lotean los predios, de allí que las ciudades no se expanden con la misma tasa de ocupación en todos los sentidos, así como tampoco con las mismas modalidades de subdivisión, esto depende de los diversos factores que influyen en la demanda (Bazant, 2008).

Tanto las causas del crecimiento urbano como sus consecuencias son aspectos que se advierten con mayor frecuencia en las áreas metropolitanas o en los grandes centros que estructuran los sistemas urbanos nacionales y regionales; sin embargo, estos procesos también son propicios de ser indagados y estudiados en ciudades de menor tamaño que adquieren cada vez más importancia como nodos regionales e interprovinciales, y ante esto es pertinente preguntarnos ¿Cómo crecen las ciudades intermedias de los territorios o jurisdicciones provinciales?. Dentro de las transformaciones que se advierten en dichos sistemas podemos mencionar uno en particular y es el hecho de que las ciudades intermedias —entendidas como los asentamientos que funcionan como centros de intermediación económica, de interacción social y cultural entre espacios locales/territoriales y los regionales/nacionales (Manzano y Velázquez, 2015)— que conforman sistemas urbanos de estados provinciales comienzan a ser las protagonistas de estos cambios y, en consecuencia, ven la necesidad de desplegar sus propias estrategias de desarrollo y anticiparse a externalidades no deseadas. Ello se advierte, por ejemplo, en el incremento que la población ha experimentado en los últimos 25 años en las ciudades intermedias latinoamericanas que adquirieron un rol decisivo en el escenario internacional.

En este contexto, las ciudades de la Provincia del Chaco (República Argentina) iniciaron hace varias décadas procesos de crecimiento poblacional y expansión urbana con diferentes características pero con similares consecuencias. Es así entonces que estos procesos de urbanización se reconocen a nivel global y aún cuando las causas de índole económica y social son muy diversas, las consecuencias son comunes y evidentes, de allí que, como señalan Dillón, Cossio y Pombo (2010) “Identificar los procesos de crecimiento y expansión y sus efectos sobre el valor que el suelo urbano adquiere, es una herramienta fundamental para intervenir en los problemas urbanos antes de su ocurrencia” (p. 1).

1.2. Las políticas habitacionales y los planes de viviendas

Como expresan Buzai y Baxendale (2013):

El proceso de organización del territorio es el resultado de múltiples interacciones entre la sociedad y el medio, a través de la evolución histórica, esta organización puede haberse generado de forma espontánea o de acciones voluntarias, cuando están impulsadas por organismos de planificación (p. 23).

Siguiendo esta idea, debemos entender a la ciudad y su entorno como un territorio que se organiza a partir de la combinación de diversos elementos y acciones. En este proceso de organización de la ciudad, el espacio urbano tiende a demandar en mayor medida la intervención del Estado, que lo convierte en casi el único medio por el que los sectores populares pueden acceder a una vivienda con equipamientos e infraestructuras mínimas.

En ese sentido, las políticas públicas en materia habitacional es un conjunto de decisiones que se dan en el entramado político que resulta de las mediaciones y la correlación de fuerzas e intereses, en las cuales el Estado interviene directa o indirectamente en la cuestión y forman parte de la política habitacional las regulaciones u acciones en aspectos tales como los usos suelo, los sectores productivos, el sector externo (aranceles de importación de materiales, importación de tecnologías); las formas de financiamiento de la vivienda, las políticas de precios de alquileres y las inversiones directas o la provisión de servicios habitacionales por parte del Estado (construcción de viviendas, infraestructura, etc.) (Del Río, 2012).

El Estado a través de este conjunto de acciones se posiciona como un importante actor de la expansión de las ciudades, quien a través de diferentes intervenciones incrementa las superficies de uso destinadas a actividades urbanas en las periferias de las ciudades. En relación a su rol como actor interviniente, sus implicancias territoriales se plasman “por un lado como un fuerte consumidor de tierra urbana interesado en la adquisición de grandes superficies destinadas a la construcción de viviendas sociales y, por otro, ejecutando proyectos e intervenciones en la infraestructura y equipamientos públicos” (Dillón *et al.*, 2010, p. 14). De allí que muchas de las transformaciones que se dan en el territorio, por ejemplo a través de las políticas habitacionales, concuerdan con los patrones de expansión visibles en las manchas urbanas.

De esta manera, desde hace décadas en Argentina, el Estado es un actor protagónico en la producción de suelo urbano mediante diversos mecanismos y uno de ellos es el emplazamiento de conjuntos habitacionales a través de la gestión de los organismos de promoción de la vivienda social como son los Institutos de Viviendas. Por vivienda social se entiende a “aquella residencia que es producto de las políticas habitacionales dirigidas a los grupos más desposeídos de la sociedad, que no pueden optar por sus propios recursos a las viviendas del mercado inmobiliario” (Sardi, 2015, p. 36).

Al respecto Dillón y Cossio (s/f_b) señalan:

La construcción masiva de viviendas sociales es la respuesta que el Estado ha brindado para atenuar el déficit habitacional producido por el aumento de la urbanización y el deterioro progresivo de las condiciones económico-sociales, que impide a sectores cada vez más numerosos, acceder por sus propios medios a una vivienda digna y a servicios elementales básicos (pág. 1). Estas viviendas generalmente agrupadas en grandes conjuntos habitacionales, se convierte en elementos destacados de la estructura urbana, especialmente en las periferias de las grandes ciudades y en los asentamientos intermedios y pequeños (p. 2).

En cuanto a su relación con los procesos de expansión de las ciudades se debe tener en cuenta que las políticas de tierra y vivienda junto con los desarrollos inmobiliarios, poseen una fuerte incidencia en la conformación de las áreas de expansión urbana, contribuyendo a la dispersión y fragmentación socio-espacial ya que estas intervenciones, muchas veces pueden impulsar el crecimiento hacia áreas no previstas, y presionar sobre otros usos de la tierra, como los espacios verdes abiertos y los agropecuarios, e incluso han resultado incompatibles con la preservación de los recursos ambientales (Lancioni *et al.*, 2012). El crecimiento expansivo de las ciudades en general no suele ser un proceso planificado, o bien el grado de planificación es pequeño y en este contexto, las políticas de viviendas constituyen uno de los pocos elementos de intervención planificada por el Estado (Gómez López, 2002). Sin embargo, dichas intervenciones no suelen estar insertas en un marco de planificación urbana mayor, debido, muchas veces, a la ausencia misma de ésta.

Ante este panorama visible y poco alentador en las grandes ciudades, las de menor tamaño advierten la necesidad de una planificación urbana que, entre otros aspectos de implicancia territorial, considere y tenga en cuenta la localización de futuros conjuntos de viviendas sociales y demás modalidades de ocupación del territorio urbano y periurbano. En ese sentido, las tecnologías de manejo de información geográfica deben ser tenidas en cuenta, entre otros aspectos, para la producción y actualización de la información sobre la configuración de las ciudades, y también como insumo necesario para las posteriores fases de planificación y gestión territorial.

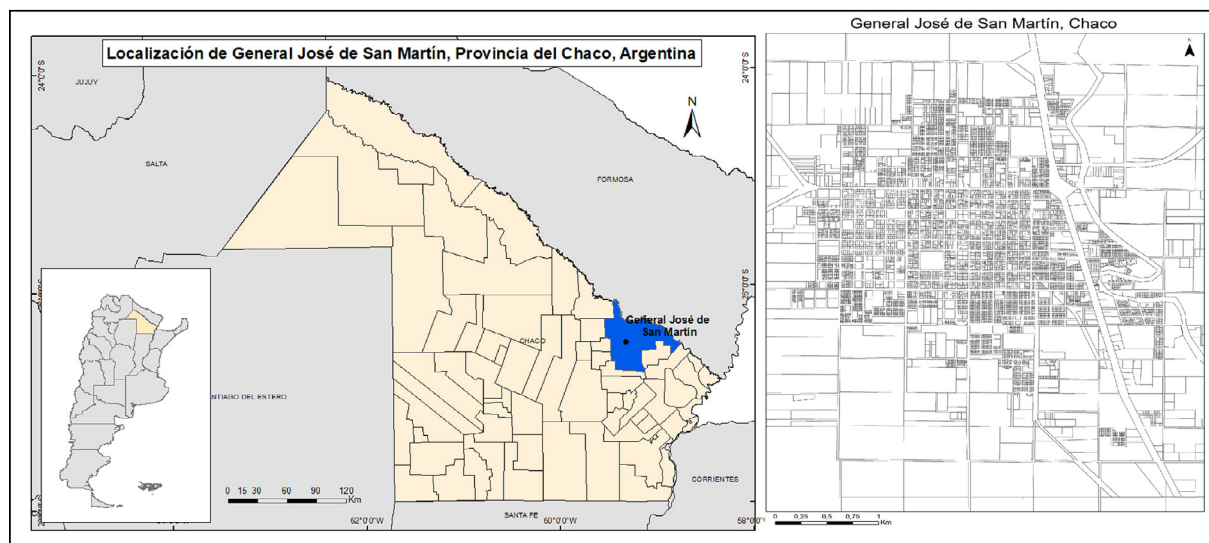
Entre los años 1970 y 2010, las ciudades intermedias del Chaco han sido protagonistas de los cambios del sistema urbano provincial, en principio, por el notable crecimiento poblacional en términos relativos de estos centros urbanos en relación al Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR), acompañado de la constante ampliación de sus manchas urbanas que generó cambios en las coberturas y usos del suelo de sus áreas periurbanas mostrando tendencias a ciudades dispersas de baja densidad (Ramírez y Pértile, 2013, 2017 y Ramírez, 2018). En este contexto, dichos estudios realizados en las ciudades chaqueñas, así como contribuciones similares de diversas ciudades, han demostrado que las técnicas de Teledetección y el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) son indispensables para el análisis de los cambios ocurridos en el espacio urbano como aportes indiscutibles a la planificación territorial. El estudio de la dinámica espacial a través de la dimensión temporal constituye una tarea de gran importancia en la investigación científica que, con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica ha visto ampliada las posibilidades de modelización y análisis del espacio geográfico y, en particular, aspectos orientados al estudio del crecimiento urbano y cambios en los usos del suelo, generando valiosos aportes metodológicos a los estudios urbanos y regionales (Humacata y Buzai, 2018).

2. Metodología

2.1. Área de estudio

La ciudad de General José de San Martín, cabecera del departamento Libertador General San Martín, se localiza en el noreste de la provincia del Chaco, Argentina y sus coordenadas geográficas son 26° 32' 00" S y 59° 20' 30" O (Figura 1). Según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 cuenta con una población de 28.383 habitantes. La base productiva siempre estuvo ligada a la producción agrícola y ganadera, además de realizarse otro tipo de actividades de importancia regional como la apicultura, el comercio y la actividad industrial con la presencia de numerosas ladrillerías.

Figura 1. Localización del área de estudio



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Provincia del Chaco (IPDUV). Elaboración propia

2.2. Método y fuentes de trabajo

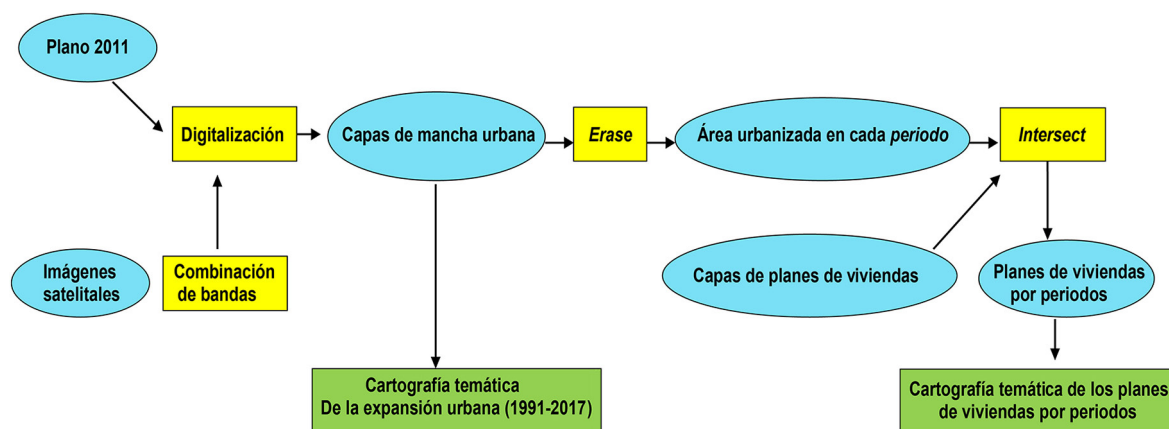
El desarrollo de este trabajo incluye tres etapas metodológicas (Figura 2). En primer lugar, para analizar la evolución de la mancha urbana se utilizaron un plano histórico del año 1911 e imágenes satelitales de las plataformas Landsat 5 (sensor TM – *Thematic Mapper*) y Landsat 8 (sensores OLI – *Operational Land Imagery* TIRS-*Thermal Infrared Sensor*) suministradas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos o USGS por sus siglas en inglés, las mismas corresponden a los años 1984, 1991, 2001, 2010 y 2017. Una vez obtenidas las imágenes satelitales se siguieron los siguientes pasos, mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG): se procedió al recorte del área de estudio y a la composición de las bandas multispectrales 432 para la imagen de Landsat 5 y 543 para Landsat 8, esta combinación permite resaltar y diferenciar las coberturas de la tierra como ser urbano, cultivos, cuerpos y cursos de agua o vegetación nativa.

En un segundo momento, a partir de la digitalización se elaboraron las capas vectoriales de la mancha urbana de los seis momentos antes mencionados y se extrajo el valor de superficie del área urbanizada en cada período y luego se realizó el borrado del área urbanizada en un período anterior, obteniendo de esta manera el área urbanizada (AU) en cada período. Con el fin de relacionar la expansión urbana con el crecimiento poblacional se analizaron los datos de los Censos Nacionales de Población de los años 1980, 1991, 2001 y 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Los geoprocementos realizados en la segunda parte fueron empleados para determinación del área urbanizada en cada período correspondiente a los cortes temporales utilizados (1911-1984, 1984-1991, 1991-2001, 2001-2010 y 2010-2017) mediante la herramienta de borrado o *Erase*, y luego la intersección de éstas con la de planes de viviendas con la herramienta *Intersect*, todas estas herramientas se encuentran contenidas en los Sistemas de Información Geográfica.

La tercera etapa mediante la intersección de estas capas y las de planes habitacionales se logró identificar la distribución espacial de aquellos ejecutados por cada década analizada. La cartografía de base

utilizada, en parte, fue producida a partir de la interpretación visual de las imágenes satelitales y tiene que ver con la mancha urbana en diferentes momentos; por otro lado, las capas de base, como por ejemplo el catastro urbano y la localización de los planes de viviendas, fueron proporcionados por el Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Provincia del Chaco (IPDUV). Las etapas metodológicas lograron concretar en cierta medida un objetivo primordial del proyecto mayor de investigación en el que se inserta este trabajo que consiste en elaborar una base de datos georreferenciada como insumos concretos para el estudio de la ciudad y cartografía temática de aporte a la gestión del territorio.

Figura 2. Etapas metodológicas



Elaboración propia

3. Resultados

3.1. El Zapallar, fundación y asentamiento inicial

La primera mensura realizada en la colonia “El Zapallar” (primer nombre que adquirió el asentamiento que hoy lleva por nombre General José de San Martín) data del período comprendido entre los años 1909 y 1911, cuando se llevó a cabo una primera subdivisión de las tierras destinada a su creación y lo que hoy es el área central del ejido urbano con 60 manzanas, de 100 metros por 100 metros separadas de calles de 20 metros de ancho (Guillón, 2011). Aquella primera delimitación del catastro estuvo trazada entre las Avenidas 25 de Mayo al norte, Mitre al este, San Martín al oeste y la calle Islas Malvinas al sur. Este límite sur luego se extendió a la Avenida Brown con la anexión de 40 manzanas, quedando así conformado un damero de 100 manzanas (Figura 3).

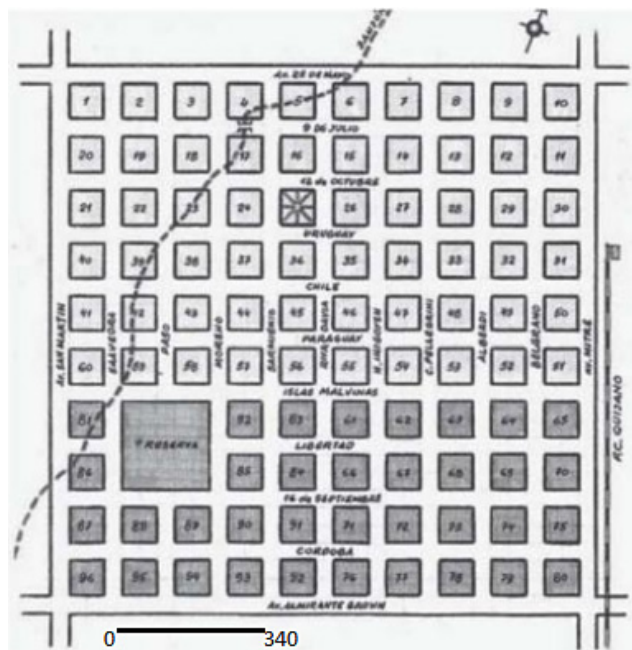
En la Figura 4 se observa el resultado del procesamiento realizado a las imágenes satelitales de los años 1984, 1991, 2001, 2010 y 2017, allí se detectan las diferentes coberturas y usos del suelo como ser urbano, vegetación nativa, actividades agropecuarias y cuerpos y cursos de agua. A modo general, se observa una ampliación de la cobertura urbana en diferentes direcciones, principalmente hacia el este, sureste y norte, ocupando áreas que pertenecían a otras como actividades agropecuarias o vegetación nativa, así como una presión sobre los cuerpos y cursos de agua.

A partir de la digitalización de la mancha urbana en dichos cortes temporales y la superposición de las capas obtenidas, se puede notar en la Figura 5 la importante extensión que fue adquiriendo la ciudad en el período estudiado, a partir de este proceso, también fue posible cuantificar en hectáreas la cobertura urbana y vincular con los datos de cantidad de población urbana.

Si deseamos comparar las dimensiones que adquirió el área urbana en el período estudiado y su relación con la dinámica de crecimiento poblacional vamos a desglosar el análisis por etapas, apoyándonos en los datos de la Tabla 1.

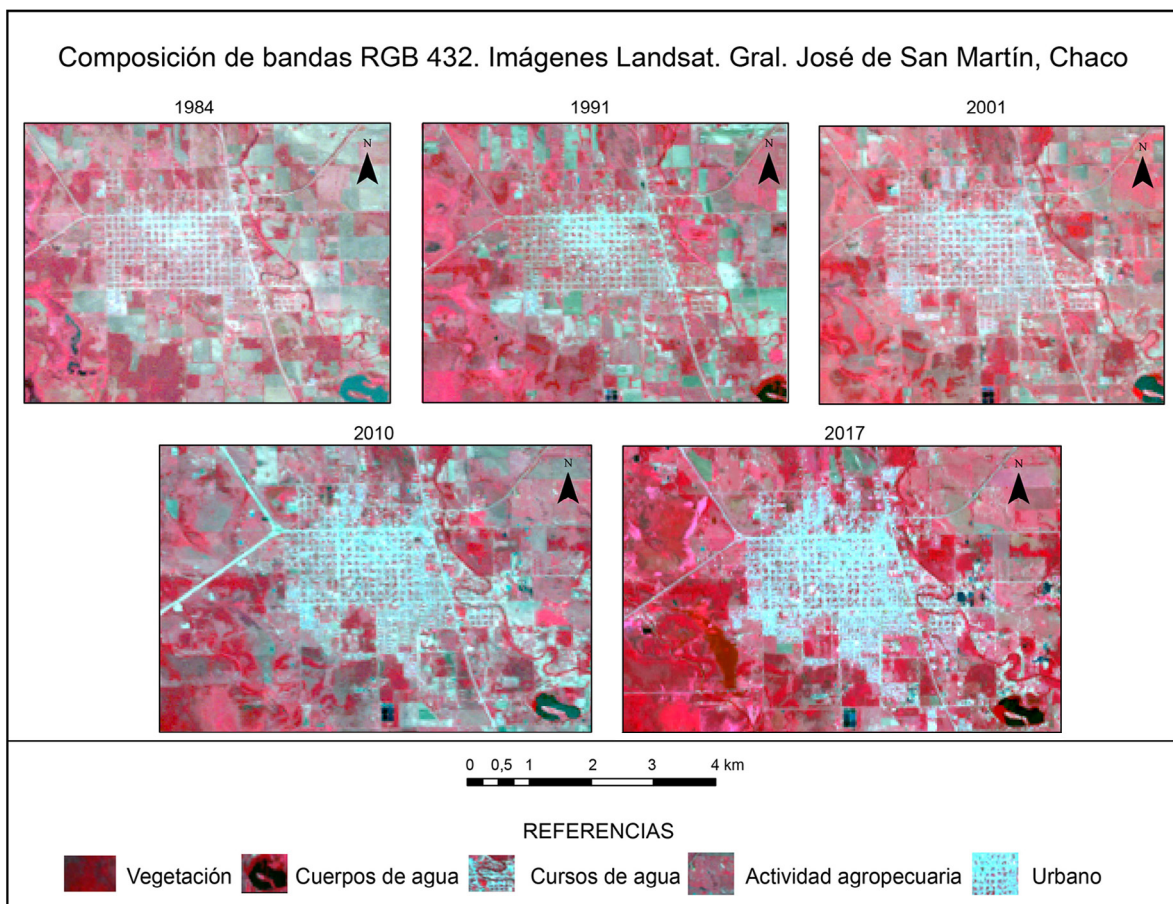
- **Etapa 1 (1911):** La superficie de suelo urbano en este año era de 88 hectáreas dimensión que abarcaba el casco histórico y céntrico de la ciudad conformado por 60 manzanas, constituyó la primera mensura realizada con fines de urbanizar el núcleo central que se hallaba en la zona. La modalidad de ocupación, como se mencionó, respondió a la subdivisión de territorio en forma de un damero tradicional a partir del cual las familias que se encontraban en la colonia pudieron acceder a los terrenos loteados.

Figura 3. Plano urbano de 1911



Fuente: Guillón (2011)

Figura 4. Combinación de bandas multiespectrales



Fuente: Imágenes satelitales Landsat 5 y 8. Elaboración propia

• **Etapa 2 (1911-1984):** Durante este periodo de análisis que abarca 73 años, debido a la falta de documentos cartográficos de años intermedios, la expansión se generó principalmente hacia el sur, este y oeste y tuvo como principal impulso la creación de barrios. A partir de la mancha urbana inicial, antes descrita, la primera ampliación, se realizó hacia el sur con la anexión de 40 manzanas conformando así un total de 100. La superficie urbanizada era de 351 hectáreas, es decir, se advierte un aumento de 263 hectáreas de suelo con actividades urbanas desde la primera mensura. Además, en este período es donde el número de población urbana del municipio comienza a superar al de población rural, cuando el Censo Nacional de Población y Viviendas registra el valor de 9.860 de población urbana por sobre 6.436 de población rural, a partir de aquí, el crecimiento de la primera es sostenido y se mantiene en las siguientes décadas. La densidad de población se ubica en torno a 46,3 habitantes/hectárea hacia el año 1984.

• **Etapa 3 (1984-1991):** En esta etapa por tratarse de un período más corto el aumento de suelo urbano solo se advierte en algunos sectores reducidos al norte, suroeste y sureste que suman un total de 32 hectáreas que se adicionan a la mancha existente. En el año 1991 la población urbana alcanza el total de 19.246 habitantes con un crecimiento relativo del 95,2% respecto al censo anterior y, considerando que en esta etapa el aumento de población fue importante en relación a superficie ocupada, se registra aquí el mayor valor de densidad de población alcanzando 50,2 habitantes/hectárea.

• **Etapa 4 (1991-2001):** Este periodo es en el que se produce la mayor anexión de suelo urbano, pues la expansión se produce en todas las direcciones y con mayor énfasis hacia el norte, sur y sureste, propiciado primordialmente por la promoción pública de conjuntos de viviendas que conformaron una periferia de nuevos barrios, se adiciona una superficie de 175 hectáreas a la mancha existente. Iniciaba el siglo XXI y el Censo Nacional de Población 2001 indicaba que la ciudad poseía 25.775 habitantes lo que representa un crecimiento relativo del 34%. Ante la notable expansión horizontal, la densidad poblacional comienza a disminuir registrando en ese mismo año un valor aproximado de 46,2 habitantes/hectárea.

• **Etapa 5 (2001-2010):** En la primera década del siglo XXI se vuelve a producir un aumento de población, aunque no tan significativo, que alcanza 28.383 habitantes en el año 2010 (crecimiento relativo del 10,1 %) y con ello, el de superficie urbanizada, aunque este último con un valor menor al periodo anterior, es así que 159 nuevas hectáreas se ubicaron mayormente en el norte y sur de la ciudad, a partir de ambos datos se advierte una densidad de población que desciende a 39,5 habitantes/hectárea. En esta etapa, la mancha urbana comienza a tener una mayor orientación norte-sur considerando las restricciones naturales del este y oeste, aunque se sigue ejerciendo presión sobre el sector este correspondiente a la planicie de inundación del río de Oro.

• **Etapa 6 (2010-2017):** El último período comprende desde el 2010 hasta 2017 donde la ocupación fue principalmente hacia el sureste siguiendo la ubicación de los terrenos más aptos topográficamente, aunque se detectan también nuevos sectores ocupados en el norte y suroeste, la superficie de aumento calculada para esta década fue de 105 hectáreas, conformando un total de 822 hectáreas de área urbana. En cuanto a la población, según la proyección estimada del INDEC en el 2017 el número de habitantes sería de 31.131, esto significa un crecimiento relativo bajo con un valor de 9,7%, a la vez que la densidad de población también registra el valor mínimo que fue de 37,8 habitantes/hectárea, en relación a los demás años analizados.

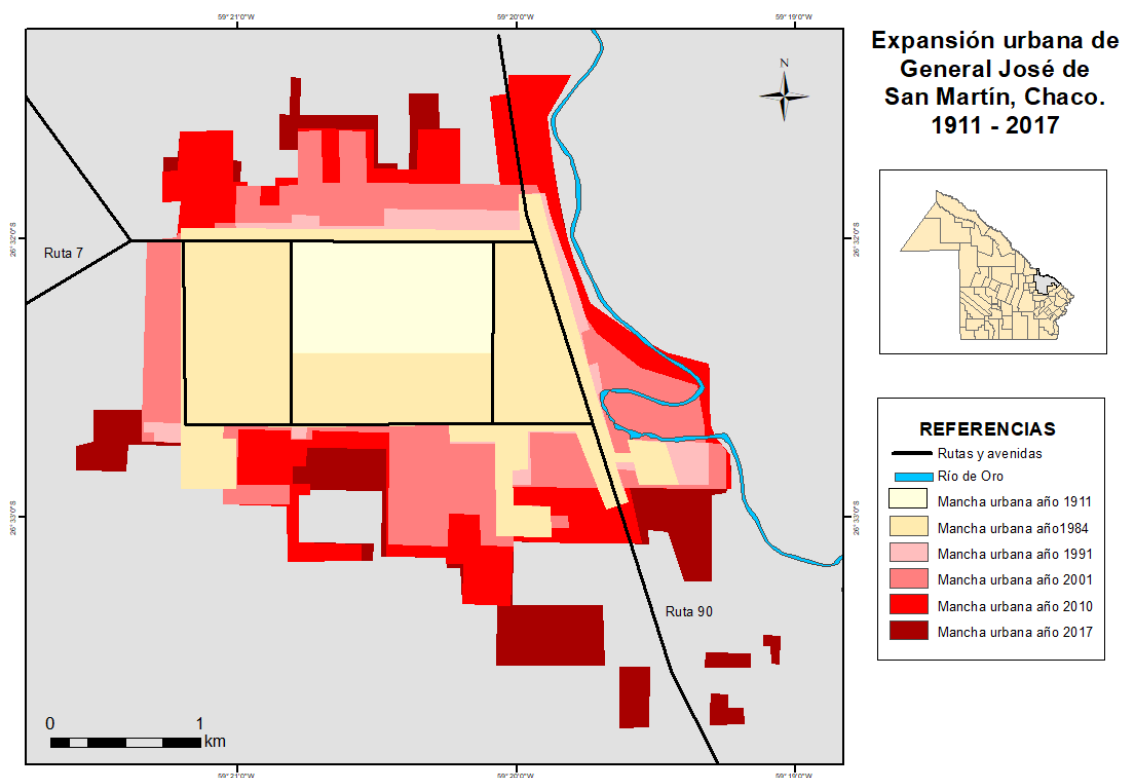
Tabla 1. Crecimiento absoluto y relativo de población urbana y superficie urbanizada

Año	Población urbana	Crecimiento absoluto de la población	Crecimiento relativo de la población	Superficie urbanizada (hect áreas)	Crecimiento absoluto de la superficie urbanizada (hectáreas)	Crecimiento relativo de la superficie urbanizada	Densidad de población
1911	-	-	-	88	-	-	-
1980	9.860	-	-	351 (1984)	263	299 %	46,3
1991	19.243	9.383	95,2 %	383	32	9,1 %	50,2
2001	25.775	6.532	34 %	558	175	46 %	46,2
2010	28.383	2.608	10,1 %	717	159	28,5 %	39,5
2017	31.131 ³	2748	9,7 %	822	105	14,6 %	37,8

Fuente: Capas SIG y Censos Nacionales de Población y Vivienda. Elaboración propia

3 Proyección de la población en base a datos del Censo 2010 del INDEC.

Figura 5. Expansión urbana de Gral. José de San Martín, Chaco, República Argentina (1911- 2017)



Fuente: Plano catastral (1911) e imágenes satelitales Landsat (1984 a 2017). Elaboración propia

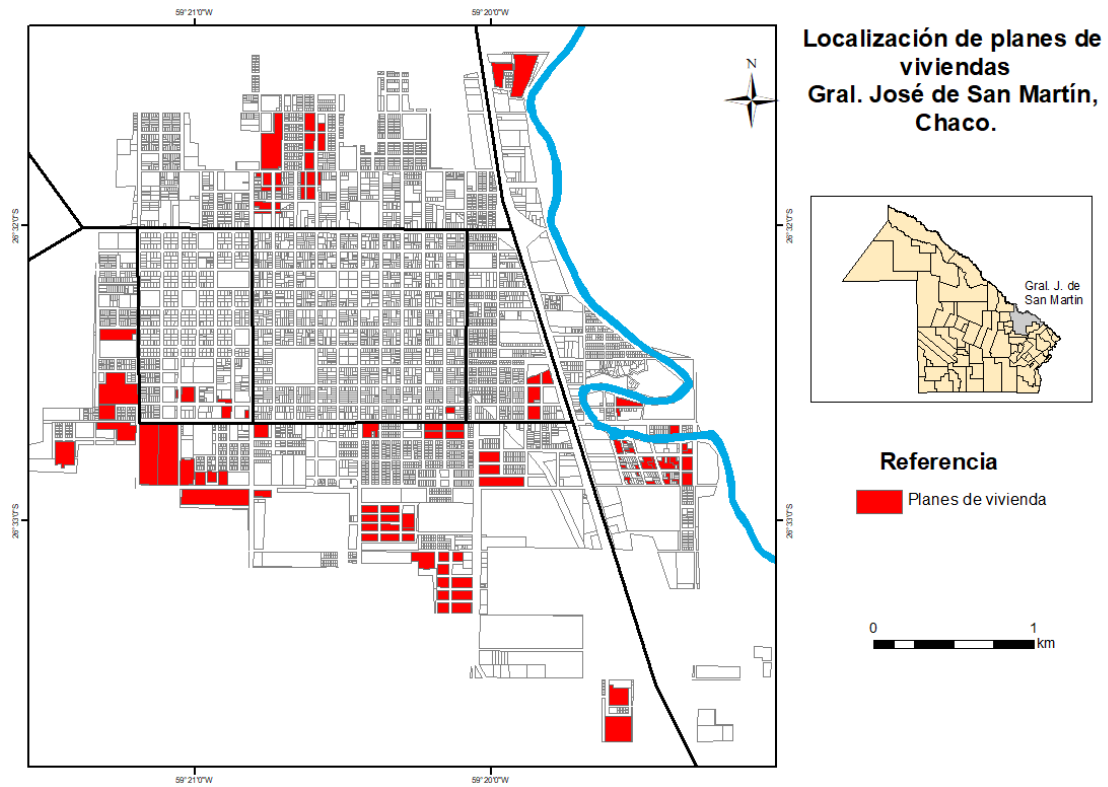
3.2. Los conjuntos habitacionales de promoción estatal

Siguiendo con los objetivos de este trabajo, en esta segunda parte se pretende reconocer cual fue la incidencia de una de las modalidades de ocupación del suelo que contribuye a la expansión urbana y tiene que ver con la construcción de conjuntos habitacionales estatales o complejos de viviendas sociales.

Atendiendo al caso de estudio, como puede observarse en el mapa de localización de los conjuntos habitacionales (Figura 6), éstos conforman un cinturón periférico en el área urbana que se viene consolidando desde la década de 1980 con lo cual representa una de las causas de la expansión de la mancha urbana antes expuesta, su presencia se observa con mayor concentración en el sur de la ciudad, lo que significó un gran impulso a la ocupación de suelo en esta dirección. Además, se ubican otros polígonos en el norte y noreste, y llaman particularmente la atención aquellos localizados en las riberas del Río de Oro, sobre todo por tratarse de residencias entregadas por el Estado.

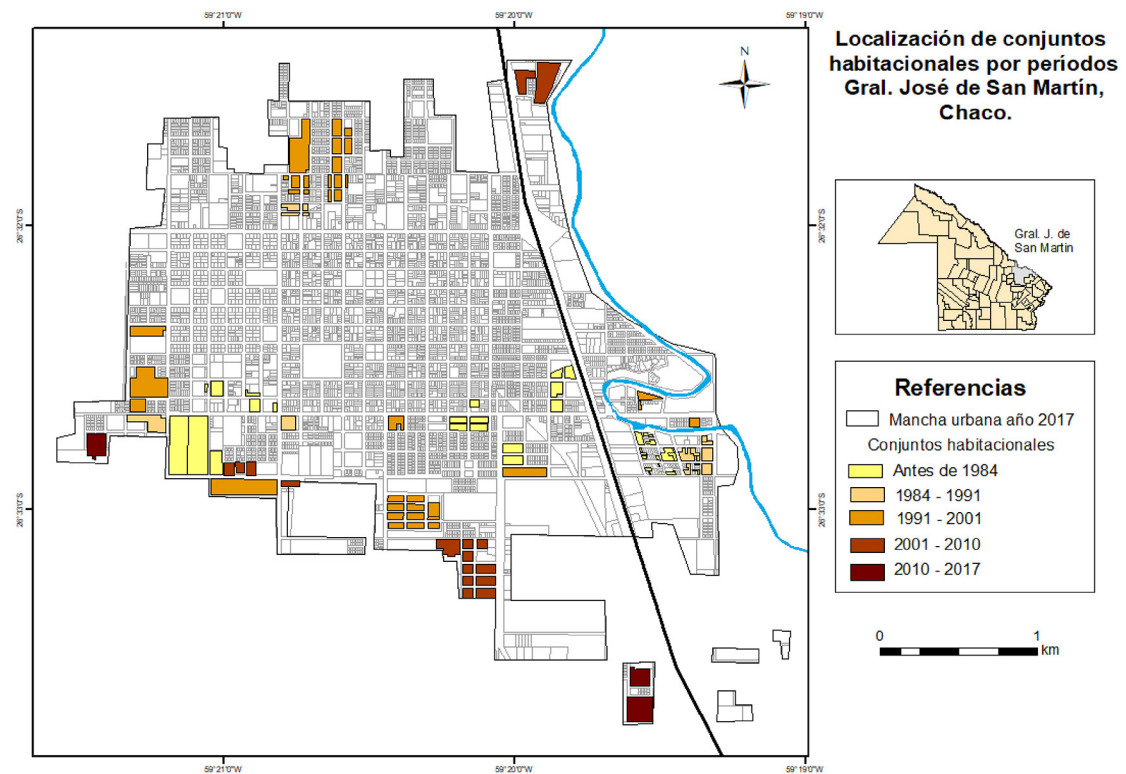
En la Tabla 2 y Figura 7, se encuentra diferenciada, por períodos, la relación entre el área urbanizada (AU) y la superficie ocupada por los polígonos que representan las viviendas sociales. Allí mismo se puede apreciar que el período de mayor incidencia fue hasta 1984 y durante la década del noventa. En el primero, a pesar de ser un valor relativo bajo (6,8%) en relación al aumento de suelo urbano desde la fundación de la ciudad, el valor absoluto de extensión ocupada por los planes ejecutados se lo considera importante (18 hectáreas) ya que se puede afirmar que esta modalidad comenzó a instalarse desde fines de la década del '70; así, en poco tiempo, e inmediatamente, este tipo de urbanización comenzó a tener repercusión en la expansión de la ciudad, principalmente hacia el sureste y suroeste; en términos relativos, la mayor incorporación de superficie urbanizada fue mayormente impulsada por esta modalidad entre las década del '70 y '80. En cuanto al segundo período de mayor promoción de los planes estatales, es decir los años '90, han aportado el mayor valor de superficie de viviendas sociales a la mancha urbana (24 hectáreas) lo que representó un 13,7 % de total de suelo urbanizado en dicha década. Por el contrario, se observa que las etapas de menor intervención fueron las de 1984-1991 y 2010-2017 época en que el incremento de suelo con fines residenciales a partir de la modalidad de conjunto habitacionales solo fue de 5 hectáreas en cada periodo.

Figura 6. Localización de los planes de viviendas en Gral. José de San Martín año 2017



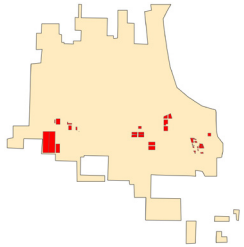
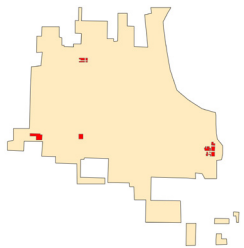
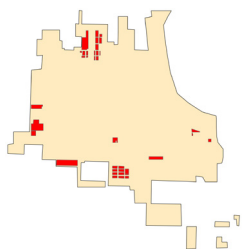
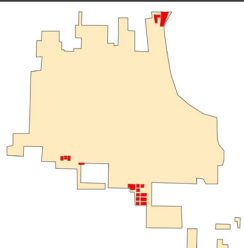
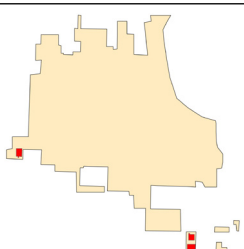
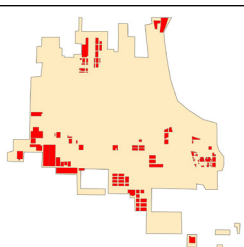
Fuente: Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda (IPDUV). Elaboración propia

Figura 7. Localización de los planes de viviendas según periodo de ejecución



Fuente: Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda (IPDUV). Elaboración propia

Tabla 2. Superficie urbanizada y superficie ocupada por polígonos de viviendas sociales

Período	Superficie urbanizada (ha)	Planes de vivienda Superficie construida (ha)	Planes de vivienda Superficie construida (%)	Localización de planes de viviendas
1911-1984	263	18	6,8	
1984-1991	32	5	15,6	
1991-2001	175	24	13,7	
2001-2010	159	11	6,9	
2010-2017	105	5	4,7	
Total	734	63	8,5	

Fuente: Datos obtenidos de las capas SIG. Elaboración propia

Es posible visualizar en los mapas contenidos en el Tabla 2, tanto de cada uno de los periodos como el que contiene al total de polígonos, que la ejecución de complejos de viviendas sociales ha impulsado la expansión de la mancha urbana hacia todas las direcciones y se han configurado, durante casi cinco décadas, nuevas periferias que progresivamente se consolidan, este proceso ha ido acentuando el crecimiento horizontal de la ciudad.

4. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos han permitido responder las preguntas iniciales que guiaron este trabajo y confirmar aquello que la idea central o hipótesis plantea, es decir, que la ciudad objeto de estudio experimentó una incesante expansión de su mancha urbana en el periodo analizado y los conjuntos habitacionales proporcionado por el Estado propician son uno de los elementos que propician dicha expansión, que a su vez generan espacios residenciales discontinuos y cada vez más alejados entre ellos y del centro de la ciudad, por ende, el abastecimiento de servicios comienza a verse dificultado.

Debemos tener en cuenta que para abordar la configuración de un espacio geográfico actual debemos realizar un análisis *espacio-temporal*, pues los estudios geográficos son básicamente abordajes del presente (recordemos que la Geografía generalmente se presentan como una ciencia del presente), sin embargo, en ningún momento se deja de reconocer que la dimensión temporal es de gran importancia en un análisis geográfico completo siendo que ir hacia el pasado nos muestra el origen de las manifestaciones empíricas del presente. “El concepto de evolución espacial considera la incorporación de la dimensión temporal a través de la permanente transición de un estado a otro” (Humacata y Buzai, 2018, p. 1001).

En ese sentido, el análisis temporo-espacial realizado pone de manifiesto en primer lugar que el crecimiento poblacional experimentado por la ciudad objeto de estudio se refleja claramente en la expansión de la mancha urbana en diferentes direcciones, principalmente hacia el este, sureste y norte. Si bien desde su fundación y hasta mediados de la década de 1980 el aumento de suelo urbano es evidente y se traduce en 263 hectáreas (299%), el mayor crecimiento expansivo tuvo su auge a partir de 1984 que hasta el año 2017, incrementó 471 hectáreas en 33 años, en valores relativos significa 134%. En este último periodo de cuatro décadas, si consideramos los datos de población, se puede mencionar que aproximadamente, por cada año desde 1980 hubo un aumento de 644 personas y desde 1984 se incrementó 14,3 hectáreas de suelo urbano por año. Asimismo, se advierte el descenso en los valores absolutos y relativo de crecimiento poblacional y densidad que alcanzan en la últimas dos décadas valores mínimos y similares.

En cuanto a las causas que han conducido estos patrones de expansión, una de ellas puede relacionarse con las diferentes modalidades de ocupación o producción del suelo urbano que diferentes momentos históricos y la situación socioeconómica de los grupos sociales ha determinado, principalmente por loteo y urbanización tradicional, conjuntos habitacionales propiciados por el Estado y asentamientos informales u ocupación ilegal que, posteriormente pudieron o no haber regularizado su situación dominial, la fisonomía de cada categoría se pueden visualizarse en imágenes satelitales tal como se observa en la Figura 8. Estos diferentes tejidos urbanos serán objeto de estudio en futuros trabajos en una línea de análisis similar, así se ha decidido en este caso aproximarnos al segundo tipo mencionado, las viviendas sociales.

Figura 8. Modalidades de ocupación del suelo urbano en el área de estudio



Fuente: Imagen satelital World Imagery

Respecto de la ejecución de los conjuntos habitacionales, en la Provincia del Chaco, el organismo encargado es el Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda (IPDUV). Esta institución, es el agente que atiende las demandas habitacionales y fue históricamente uno de los principales actores de la expansión de los núcleos urbanos de la provincia. Al respecto Romagnolli (2015) señala:

La lógica de localización de los numerosos conjuntos habitacionales nuevos que construyó, siempre obedeció a los intereses inmobiliarios de valorizar tierras periurbanas de bajo costo. Esto dio como resultado a lo largo del tiempo, una expansión discontinua y de muy baja densidad, que afectó la adecuada provisión de infraestructuras, servicios y equipamientos sociales, y, por ende, la calidad de vida los habitantes de las periferias urbanas (p.153).

En palabras de Barreto (2002):

Estas urbanizaciones fueron modificándose en su concepción desde sus inicios, al principio, en la década del '60, se construyeron en forma de viviendas individuales respetando el trazado tradicional de la ciudad, desde fines de la década del '70, con la creación del Fondo Nacional de la Vivienda (FONAVI), se intensificó la producción en forma de edificios colectivos de densidad poblacional media, ubicados sobre trazados urbanos diferentes al damero de la ciudad y, en los últimos tiempos, nuevamente han vuelto a la forma urbana tradicional de la región: viviendas individuales de baja densidad poblacional sobre manzanas estándares, aunque sobre una base de mayor diversidad de programas orientados a diferentes tipos de población objeto (p.12).

Actualmente en la mayor parte del cordón periférico se localizan barrios de viviendas sociales, un tipo de tejido urbano muy particular, los cuales adquieren ubicaciones cada vez más distantes entre ellos y del centro de la ciudad, resultando poco beneficioso dado el costo que conlleva la ampliación de las redes de infraestructuras y servicios, a la vez que se evidencia una tendencia a la dispersión y sus consecuentes impactos en el ambiente, principalmente una presión sobre la vegetación nativa y los cuerpos y cursos de agua del área circundante del ejido urbano.

Además, este proceso de expansión propiciada por esta modalidad en localizaciones cada vez más alejadas comienza a mostrar indicios de dificultades a sus propietarios en cuanto la accesibilidad a determinados sitios vinculados con el trabajo, y los servicios: educación, salud, recreación, ya que si bien la provisión de bienes y los equipamientos mínimos está disponible, una localización alejada con la deficiente cobertura de servicios de transporte le niega a sus habitantes la posibilidad de interacción y contacto con personas y lugares diferentes, así como de otros sectores de la ciudad.

El alejamiento del barrio con respecto al centro de la ciudad, y cierto aislamiento por baldíos interpuestos entre el borde edificado de la misma y las nuevas construcciones, afectan la accesibilidad a algunos servicios, dificultando la vinculación efectiva con el resto de la ciudad (Sardi, 2015, p. 45).

Este patrón de ocupación trae aparejado otros procesos tales como la fragmentación física del espacio urbano ya que se observa una discontinuidad de la trama urbana por la presencia de áreas intersticiales. Como bien expresan Dillón y Cossio, (s/f_a) posibilitar a través de políticas de ordenamiento urbano, la integración de los conjuntos habitacionales al gran conjunto de la ciudad, es indispensable para evitar perturbaciones de orden funcional y desorganización de la trama urbana existente.

5. Conclusiones

La finalidad de este trabajo ha sido el de indagar cómo se materializó la expansión urbana de la ciudad de General José de San Martín (Chaco) y cómo ha sido la incidencia que han tenido los planes de viviendas estatales en la configuración de la mancha urbana. Al respecto se ha logrado realizar un análisis de la evolución espacial de la misma y se pudo generar evidencias de los siguientes aspectos.

En su evolución histórica la mancha urbana de General San Martín aumentó considerablemente sus dimensiones después de 1911, momento en el que quedó definida la trama y mensura original mostrándose como una ciudad compacta que mantuvo su morfología hasta el inicio del proceso de urbanización reciente a partir de la década del ochenta, y luego, desde la década del noventa comenzó a registrar los mayores incrementos de suelo urbano exhibiendo patrones dispersos y discontinuos hacia la periferia. Dicho crecimiento se materializó hacia todas las direcciones pero con mayor énfasis hacia el sur, demostrando indicios del desarrollo de un modelo de ciudad dispersa.

La ejecución de planes de viviendas estatales fue uno de los promotores de la expansión horizontal de la ciudad, principalmente hacia el sur. El período de mayor intervención estatal mediante la modalidad de urbanización de viviendas sociales se registra a finales de la década de 1970 e inicio de la década siguiente y con mayor fuerza en la década de 1990.

Mediante la representación cartográfica se pudo detectar que las viviendas sociales son uno de los elementos estructurantes del espacio urbano y organizan, a su vez, las nuevas periferias. Es evidente el rol protagónico del Estado en la conformación de nuevas áreas de expansión en la ciudad, por ello, es necesario la implementación de políticas territoriales que orienten el proceso de expansión urbana hacia el uso racional de suelo y evitar futuras problemáticas ambientales como ocupación de ambientes inundables y anegadizos, deterioro del paisaje y creciente dispersión con insuficiencia en la extensión de los servicios públicos.

Las Tecnologías de la Información Geográfica y en particular los Sistemas de Información Geográfica suponen un recurso fundamental para el acercamiento a la realidad territorial de espacios urbanos, tanto para su diagnóstico o el conocimiento de su configuración actual como para su gestión, pues como señala Díaz (2009):

No se puede administrar lo que no se conoce, lo que no se puede cuantificar, lo que no se puede ubicar. Una vez aceptado esto, resulta indiscutible que en todo proceso de planificación y ordenamiento, la información (ordenada, sistematizada, documentada, actualizada) juega un rol fundamental como instrumento de argumentación para la toma de decisiones (p. 9).

Financiación

Este trabajo se enmarca en el proyecto “Crecimiento urbano y salud ambiental de en ciudades intermedias de la Provincia del Chaco (1990-2015)”. SGCyT – UNNE, PI: 16H005 (2017-2020), directora Dra. Liliana Ramírez. Además fue financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Referencias

- Azócar G., Sanhueza, R., & Henríquez, C. (2003). Cambio en los patrones de crecimiento en una ciudad intermedia: el caso de Chillán en Chile Central. *Revista eure*, XXIX(87), 79-92. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/eure/v29n87/art06.pdf>
- Barreto, M. (2002). El crecimiento de las ciudades Intermedias del NE argentino en el contexto de las transformaciones regionales. *Cuaderno Urbano*, 3, FAU-UNNE / FAU-UNLP. <http://dx.doi.org/10.30972/crn.331611>
- Bazant, J. (2008). Procesos de expansión y consolidación urbana de bajos ingresos en las periferias. *Bitácora*, 13(2), 117-132. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74811925009>
- Buzai, G., & Baxendale, C. (2013). Aportes del análisis geográfico con Sistemas de Información Geográfica como herramienta teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial. *Persona y Sociedad*, XXVII(2), 113-14. Recuperado de <https://personaysociedad.uahurtado.cl/index.php/ps/article/view/43>
- Del Río, J. P. (2012). El lugar de la vivienda social en la ciudad: Un análisis de la política habitacional desde el mercado de localizaciones intra-urbanas y las trayectorias residenciales de los habitantes (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Recuperado de <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.464/te.464.pdf>
- Díaz, B. (2009). El proyecto Sistema de Información Territorial de Santa Cruz (SIT SantaCruz). En B.G. Díaz. y P. Calviño (Compiladores), *Jornadas Regionales de Información Geográfica y Ordenamiento Territorial* (pp. 9-19). Ministerio Secretaría General de la Gobernación, Proyecto SIT Santa Cruz.
- Dillón, B., & Cossio, B. (s/f_a). *El problema socioespacial de los barrios planificados de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa, Argentina*. Recuperado de <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal6/Geografiasocioeconomica/Geografiaespacial/413.pdf>
- Dillón, B., & Cossio, B. (s/f_b). *Los programas de viviendas sociales en la construcción del espacio urbano en una ciudad intermedia. Santa Rosa. La Pampa. Argentina*. Recuperado de <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/35.pdf>

- Dillón, B., Cossio, B., & Pombo, D. (2010). Valor del suelo urbano en una ciudad intermedia: la volatilidad del capital y sus resultados efímeros. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XIV(331/34). Recuperado de <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-331/sn-331-34.htm>
- Gómez López, C. (2002). El fenómeno del crecimiento urbano. Una experiencia de análisis con un sistema de información geográfica. *Revista INVI*, 17(45), 171-182. Recuperado de <http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/127>
- Guillón, R. (2011). *El Zapallar, tenemos historia*. Resistencia, Chaco, Argentina: Librería de la Paz.
- Humacata, L., & Buzai, G. (2018). Análisis espacial de los cambios de usos del suelo con Sistemas de Información Geográfica. En C. Mikkelsen & N. Picone (Comp.), *Geografías del presente para construir el mañana: miradas geográficas que contribuyen a leer el presente*. 1ª Ed. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Recuperado de <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/rediunlu/791/buzai.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lancioni, A., Delachaux, A., & Ríos, L. (2012). Expansión urbana en municipios bonaerenses: Alcances y vínculos con las políticas de tierra y vivienda. *Actas 7º Congreso de Medio Ambiente AUGUM*. UNLP. La Plata, Argentina. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26680>
- Manzano, F., & Velázquez, G. (2015). La evolución de las ciudades intermedias en la Argentina. *Revista GeoUERJ*, 27, 258-282. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2015.18859>
- Ramírez, L. (2018). La salud ambiental y los procesos de urbanización de ciudades intermedias en el Chaco. Aportes para la intervención territorial. En T. Artieda, M.J. Simoni y G. Vega (Comp.), *III Jornadas de Intercambio de la Producción Científica en Humanidades y Ciencias Sociales* (pp. 23-25). Facultad de Humanidades, UNNE. Recuperado de https://hum.unne.edu.ar/publicaciones/invest_posgrado/terceras_jornadas.pdf
- Ramírez, L., & Pértile V. (2013). Cambio de uso de suelo y tendencias de la expansión urbana entre 1990 y 2030 en Juan José Castelli y villa Ángela, Chaco, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, 5(5), 194-216. Recuperado de https://docs.wixstatic.com/ugd/79758e_86dff357db74c17b170acd58bc1d69d.pdf
- Ramírez, L., & Pértile V. (2017). Crecimiento poblacional, expansión urbana y cambio de usos de suelo en ciudades intermedias de la provincia del Chaco, Argentina. El caso de Juan José Castelli. *Estudios socioterritoriales*, 21, 111-131. Recuperado de <https://ojs2.fch.unicen.edu.ar/ojs-3.1.0/index.php/estudios-socioterritoriales/article/view/289>
- Romagnolli, V. (2015). ¿Qué vivienda necesitan los pobres? Un estudio sobre la configuración de las necesidades en las políticas habitacionales vigentes a partir del caso del Área Metropolitana Gran Resistencia- AMGR (Chaco, Argentina) (Tesis doctoral). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, sede académica Argentina. Recuperado de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/9988/2/TFLACSO-2016VR.pdf>
- Sardi, M. (2015). Las viviendas sociales, las políticas públicas y el derecho a una ciudad intermedia. Santa Rosa, La Pampa. *Revista Huellas*, 19, 34-50. Recuperado de <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/huellas/article/view/1011/1031>
- Tella, G. (s/f). *Cómo crece la ciudad: lógicas de un acuerdo social*. Recuperado de <https://www.guillermotella.com/articulos/como-crece-la-ciudad-logicas-de-un-acuerdo-social/>


Cita bibliográfica: Wilches Astudillo, C.A., Jaramillo, C., & Murillo-Hoyos, J. (2021). Accesibilidad y equidad espacial al transporte público para pacientes con enfermedad neurodegenerativa en Santiago de Cali, Colombia. *Investigaciones Geográficas*, (76), 179-193. <https://doi.org/10.14198/INGEO.17589>

Accesibilidad y equidad espacial al transporte público para pacientes con enfermedad neurodegenerativa en Santiago de Cali, Colombia

Public transport accessibility and spatial equity for patients with neurodegenerative disease in Santiago de Cali, Colombia

Camila Andrea Wilches Astudillo¹ 

Ciro Jaramillo² 

Jackeline Murillo-Hoyos^{3*} 

Resumen

Los sistemas de transporte público suelen ser en ciertos casos el único medio disponible para que algunos grupos de población accedan a servicios que cubren sus necesidades básicas y esenciales. Sin embargo, los diseños de estos sistemas no garantizan una accesibilidad adecuada y funcional, en especial para la población con algún tipo de discapacidad, disminuyendo la calidad de vida de estos usuarios y convirtiéndose en un factor de exclusión social. En este contexto, empleando herramientas de análisis espacial se evaluó la equidad espacial de las condiciones de acceso al sistema de transporte público para la población con enfermedad neurodegenerativa en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. Se estimó la equidad espacial a través de un valor único empleando la curva de Lorenz y el coeficiente de Gini. Esta evaluación facilita el seguimiento a la provisión de servicios generando insumos para establecer estrategias de planificación y operación del sistema de transporte. Se encontró un considerable grado de desigualdad para la provisión de transporte público, debido a múltiples factores, como la disponibilidad de caminata de los pacientes y la proximidad entre la residencia del paciente a una parada y/o un corredor vial del sistema de transporte.

Palabras clave: Accesibilidad; Equidad espacial; Enfermedad de Parkinson, Indicador provisión de transporte; Coeficiente de Gini; Curva de Lorenz; Santiago de Cali, Colombia.

Abstract

Public transport systems are in some cases the only available option for a population group to access services that meet their basic and essential needs. However, the system's design does not guarantee appropriate and functional accessibility, especially for those users with some type of disability. This reduces the quality of life of these users and becomes a factor of social exclusion. The spatial equity of the conditions of access to the public transport system for the population with neurodegenerative disease in the city of Santiago de Cali, Colombia, was evaluated using spatial analysis tools. Spatial

1 Programa Académico Ingeniería Topográfica. Universidad del Valle, Colombia. camila.wilches@correounivalle.edu.co

2 Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Colombia. ciro.jaramillo@correounivalle.edu.co

3 Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Colombia. jackeline.murillo@correounivalle.edu.co. * Autora para correspondencia

equity was estimated through a single value using the Lorenz curve and Gini coefficient. This evaluation facilitates the monitoring of service provision by generating inputs to establish planning and operation strategies for the transportation system. A considerable degree of inequality was found in the provision of public transport, due to multiple factors, such as ability to walk and the proximity between the patient's residence and a bus-stop and/or a road corridor of the transport system.

Keywords: Accessibility; spatial equity; Parkinson's disease, provision of transport indicator; Gini coefficient; Lorenz curve; Santiago de Cali, Colombia.

1. Introducción

Los procesos de planificación urbana se han orientado hacia una política de movilidad que prioriza el uso de los sistemas integrados de transporte público, como medida de acceso equitativo a todos los usuarios (Delmelle & Casas, 2012; Camporeale, Caggiani & Ottomanelli, 2019; Delbosc & Currie, 2011; Ruiz, Pons, Lladó & Reynés, 2016; Welch & Mishra, 2013). En Colombia la implementación y puesta en marcha de este tipo de sistemas en los últimos años, ha sido el auge principal de las ciudades capitales, dado el aumento poblacional y la demanda que surge de la necesidad de transportarse de un lugar a otro. Sin embargo, pese a la implementación de políticas orientadas a mejorar los sistemas de transporte, es evidente que aún existen deficiencias a nivel de infraestructura, calidad del servicio e inclusión social (Jaramillo, Lizárraga & Grindlay, 2012; Delmelle & Casas, 2012). Diversos autores sostienen que la exclusión social es uno de los puntos claves para entender el acceso a los sistemas de transporte y que este depende de la distribución espacial de la población, la infraestructura, el servicio de transporte y la condición socioeconómica de la persona (Martínez, 2012; Ruiz, Pons & Lladó, 2017). De manera que esta falta de acceso ocasiona procesos de exclusión social a ciertos grupos de población, sobre todo aquellos considerados como vulnerables (Farrington, 2007; Keeling, 2008; Vasconcellos, 2001).

Es conveniente reconocer que la actividad del transporte en el ámbito urbano se asocia al término de movilidad por enfatizar el desplazamiento de personas en esta escala territorial. El aumento en las actividades y la demanda de servicios de los individuos han obligado no solo a mejorar los sistemas de transporte, sino a generar políticas de movilidad (Currie, 2010; Delmelle & Casas, 2012; Litman, 2005; Ramjerdi, 2006). En ese sentido, la movilidad surge por la interacción entre las actividades a desarrollar por parte de los usuarios y el uso del suelo, determinando estos requerimientos desde la perspectiva de accesibilidad y equidad espacial (Church, Frost & Sullivan, 2000; Delbosc & Currie, 2011; Lucas, 2012; Pereira, Schwanen & Banister, 2017).

La accesibilidad es un elemento clave en la formulación de políticas de transporte, planificación urbana y salud pública (Salze *et al.*, 2011) al establecer una relación en términos de movilidad, donde la posibilidad de trasladarse de un lugar a otro representa una necesidad básica del individuo y una herramienta útil en la implementación de políticas gubernamentales. La falta de accesibilidad a los sistemas de transporte público se considera un factor determinante en términos de exclusión social, en el que la inequidad al acceso y a los derechos sociales de personas con discapacidad física y adultos mayores se ven perjudicados (Casas, 2007; Jaramillo *et al.*, 2012; Welch & Mishra, 2013).

La accesibilidad se considera un componente clave del transporte y se define como la capacidad que tiene un individuo para llegar a diferentes lugares o de un lugar ser alcanzado. Es un indicador de la estructura espacial subyacente, ya que tiene en cuenta la ubicación y la desigualdad asociada a la separación entre el origen y el destino de un viaje. La accesibilidad se basa en dos aspectos fundamentales: el primero, asociado a la localización de los lugares con relación a la oferta de transporte; y el segundo, se refiere a la distancia que se deriva de la conectividad entre lugares (Geurs & van Wee, 2004). Dicha conectividad sólo puede existir cuando hay una posibilidad de vincular dos lugares a través de la oferta de transporte (Rodrigue, Comtois & Slack, 2016). La accesibilidad se estima a través de indicadores que miden la capacidad de un lugar para ser alcanzado o para alcanzar diferentes lugares que se conectan mediante un sistema de transporte (Kondo, Barber & Sherman, 1974). La accesibilidad considera todos los modos de transporte. Su evaluación se enfoca en parámetros operacionales de la oferta asociada al servicio del sistema de transporte (horarios, frecuencia, capacidad, rutas, infraestructura, etc.) y los usos del suelo (densidad de oportunidades y diversidad de actividades) (Geurs & van Wee, 2004; Lovett, Haynes, Sünnerberg & Gale, 2002; Monzón, 1988; Talavera & Valenzuela, 2014).

Existe una variedad de medidas de accesibilidad, y pueden estar basadas en la localización, en el individuo, en la utilidad, en la infraestructura, medidas de separación espacial o de redes (Geurs & van Wee, 2004; Talavera & Valenzuela, 2014). En el contexto de esta investigación, se consideraron las medidas basadas en la localización tanto de los pacientes, como de las estaciones de parada del Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM), empleando un indicador que evalúa la provisión de transporte público desde la perspectiva de la población objeto de estudio, los pacientes con enfermedad de Parkinson. La accesibilidad en el contexto de la atención primaria de los servicios de salud es reconocida como un impulso importante de la salud general de la población (Merciu, Stoian, Merciu & Saghin, 2013).

Desde la teoría de la justicia espacial, el espacio geográfico concebido como un bien público al servicio de la justicia, requiere una organización que permita el acceso equitativo de todos los ciudadanos a las libertades fundamentales, en particular en materia de salud y educación, planteando enormes desafíos para lograr la equidad espacial (Lévy, Fauchille & Póvoas, 2018). Los conceptos de equidad, justicia, e igualdad espacial se presentan en la literatura estrechamente conectados y con dificultad de ser desvinculados (Moreno, 2006). La justicia ideal convoca a la eliminación de todas las desigualdades, que revisadas desde la perspectiva del componente espacial representaría igualar las oportunidades de los ciudadanos y su acceso a esas oportunidades. Se entiende por equidad el tratamiento imparcial que tienen todas las personas independientemente de su posición y origen social. Equidad señala ausencia de diferencias evitables, injustas o remediabiles entre grupos de personas definidas social, económica, demográfica o geográficamente.

La equidad está relacionada con las oportunidades de acceso al bienestar social y a la distribución de beneficios y de costos del desarrollo, a través del establecimiento de reglas que aseguren dicha imparcialidad (Espina Prieto & Varela., 2010; Ministerio de Salud y Protección Social, 2015). El principio de equidad espacial refiere a la distribución geográfica de un equipamiento, aludiendo directamente al concepto de igualdad, que es la medida que mejor valora las distribuciones. De manera que, la equidad espacial depende de la facilidad de acceso y de la variabilidad de las distancias, tiempos y costos que separan a cada individuo de los servicios o equipamientos más próximos (Rojas & Martínez Bascañán, 2014).

Para reconocer la aplicación de los conceptos de equidad, es fundamental reconocer los conceptos de equidad horizontal y vertical planteados por Truelove (1993). En el contexto de igualdad todas las personas tienen derechos y obligaciones idénticas, es decir, individuos en similares circunstancias, deben ser tratados de la misma manera, esto ha sido denominado equidad horizontal, y todos los ciudadanos reciben los mismos beneficios y cargas (Litman, 2002; Camporeale *et al.*, 2019; Ruiz *et al.*, 2016; Ruiz *et al.*, 2017). En el caso contrario, cuando circunstancias personales difieren entre los individuos, es necesario revisar el reparto de utilidades y desutilidades para una partición de forma justa, imparcial y equitativa, denominado equidad vertical. En el caso de este estudio, la población objeto de análisis tiene circunstancias personales que difieren, por lo que el análisis se centra en términos de equidad vertical (Litman, 2002; Camporeale *et al.*, 2019; Delbosc & Currie, 2011; Ruiz *et al.*, 2016).

La equidad supone la generación de oportunidades de acceso y control al transporte público seguro, conectando todos los espacios de la ciudad y teniendo en cuenta necesidades heterogéneas de los usuarios. El primer paso para entender el problema del transporte como un asunto de inequidad, radica no solo en tener en cuenta los aspectos técnicos de la accesibilidad, sino en involucrar una serie de recursos comunes y de uso público en beneficio de un grupo de personas (Alatorre, 2004; Mesa & Machado, 2013). El establecimiento de métodos capaces de determinar niveles de equidad territorial junto con los de eficiencia que acompañen el bienestar humano, desde los procesos de diagnóstico para orientar las soluciones a problemas con impacto en la construcción de políticas públicas, ha sido objeto de revisión ampliamente en la literatura (Moreno, 2006).

Desde la perspectiva de salud pública, se han realizado estudios que evalúan la accesibilidad a servicios relacionados con la salud pública (Guagliardo, 2016; Huerta Muñoz & Källestål, 2012; Luo & Wang, 2003; Moreno, García-Alonso, Negrín Hernández, Torres-González & Salvador-Carulla, 2008) orientados en su mayoría a evaluar las barreras de accesibilidad que más se presentan para los pacientes (Asprilla, 2014; Gene & Berrocal, 2017; Goyes & Díaz, 2015). Conocer la distribución geográfica de pacientes con enfermedad motora es una información útil para la planificación de los servicios de transporte y de salud.

Los sistemas de transporte público suelen ser, en ciertos casos el único medio disponible que tienen ciertos grupos de población para acceder a los servicios que cubren sus necesidades básicas y esenciales. Los diseños de los sistemas de transporte público en las principales ciudades de Colombia no son garantía

de una accesibilidad adecuada y funcional, en especial para la población que padece algún tipo de discapacidad, lo que genera una disminución paulatina en la calidad de vida de estos usuarios y sus familias, convirtiéndose en un factor determinante en términos de exclusión social (Cebollada & Avellaneda, 2008; Guzmán, Oviedo & Rivera, 2017; Lazo Corvalán, 2008; Martínez, 2012; Rodríguez & Targa, 2004).

La enfermedad de Parkinson es un trastorno neurodegenerativo crónico de inicio insidioso, caracterizado por la presencia de sintomatología predominante motora que afecta a nivel mundial y tiene una tasa de incidencia actual de 4,5 a 19 personas por cada 100.000 habitantes por año. Es una enfermedad progresiva, sin cura, que disminuye la capacidad motora y afecta las actividades diarias de las personas que la padecen. La enfermedad de Parkinson, al igual que en cualquier otro trastorno crónico discapacitante, tiene en cuenta tres perspectivas: la del paciente, quien padece la enfermedad y está sujeto a la evolución del cuadro clínico; la de la familia, quien en su mayoría se hace cargo de los cuidados del paciente y asume la demanda del tratamiento; y la de la comunidad, quien le corresponde el impacto de la responsabilidad social, cultural y económica. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los costos del tratamiento están directamente relacionados con la accesibilidad de los pacientes a los servicios médicos y varía dependiendo de la prioridad en salud que tenga cada país (World Health Organization [WHO], 2006).

En Colombia, de acuerdo con el estudio realizado por la Unidad de Neurociencias de la Fundación Valle del Lili, hay una incidencia para enfermedad de Parkinson de 4,7 por cada 1.000 habitantes, siendo más alta que en otros países (Arboleda, Vargas & Galicia, 2009). Se estima que más de 220.000 pacientes en el país estarían seriamente afectados con la enfermedad. En el departamento del Valle del Cauca, cerca de 5.000 personas padecen la enfermedad, de los cuales 2.000 pacientes aproximadamente, residen en el municipio de Santiago de Cali y cerca de 480 pacientes se encuentran afiliados a la Fundación Parkinson de Colombia con sede en Santiago de Cali (Fundación Parkinson de Colombia, 2014).

La Fundación Parkinson de Colombia, es una entidad sin ánimo de lucro que surge en el año 2004, como la primera institución encargada de realizar un enfoque integral de los síntomas motores y no motores de la enfermedad de Parkinson, a través de la rehabilitación y el tratamiento oportuno. En su única sede en Santiago de Cali, la fundación atiende cerca de 480 pacientes (Fundación Parkinson de Colombia, 2014). Sobre esta población surge el interés de identificar sus condiciones de accesibilidad al SITM (con tipología de Buses de Transito Rápido —BRT—), el cual, en algunos casos, representa el único medio de transporte que tiene el paciente para acceder a la atención y tratamiento oportuno. Para evaluar la distribución de accesibilidad al SITM de los pacientes que asisten a la Fundación Parkinson sede Santiago de Cali, se emplearon herramientas de análisis espacial con el propósito de determinar el grado de equidad correspondiente.

2. Metodología

Para realizar la evaluación de las condiciones de accesibilidad, fue necesario reconocer la oferta del servicio de transporte provista a partir de las estaciones de parada del SITM y la localización georreferenciada de la residencia de cada uno de los pacientes (lugar donde se origina el viaje), e identificar la distancia de caminata necesaria para acceder a una estación de parada desde el lugar de residencia de los pacientes.

2.1. Evaluación de la Provisión de Transporte

Para evaluar el acceso al sistema de transporte público fue necesario definir un indicador que tuviera en cuenta dos elementos: el lugar de residencia del paciente u origen y las estaciones de parada del SITM o destinos. Se evaluó la accesibilidad como la provisión de transporte público para cada paciente a través de un indicador topológico que considera la infraestructura, el nivel de la oferta de servicio del sistema de transporte, y está basado en el Indicador de Provisión de Transporte Público —IPTP— (Jaramillo *et al.*, 2012; Kondo *et al.*, 1974; Rodrigue *et al.*, 2016). A diferencia del índice de provisión de transporte propuesto por Currie (2010) y utilizado posteriormente por Amoroso, Salvo & Zito (2010), que se basa en las características del área de influencia y el nivel de servicio disponible en cada parada; en el indicador de provisión de transporte público propuesto se incorporó el número de pasajeros que cada parada es capaz de absorber, en términos absolutos.

Teniendo en cuenta la ecuación propuesta por Jaramillo *et. al.* (2012) en la cual se define el índice de provisión de transporte público para la ciudad de Santiago de Cali, se procede a aplicar los principios básicos planteados, efectuando modificaciones para el caso de estudio, ver Ecuación (1):

$$IPTPI = \sum_{i=1}^n S_{ip} W_{ci} W_{fi} \quad (1)$$

donde,

IPTPI= Índice de Provisión de Transporte Público Individualizado por paciente.

n= Número de servicios del SITM (troncal, pretroncal, y alimentador).

S_{ip}= Número de paradas para el servicio por paciente, según área de influencia (buffer) de caminata.

W_{ci}= Factor de ponderación por la capacidad del servicio *i*.

W_{fi}= Factor de ponderación por la frecuencia del servicio *i*.

En primera instancia, se estableció el *IPTPI* por paciente (usuario de los servicios del SITM), con un buffer de caminata de radio de 400 m a partir de su lugar de residencia, distancia que una persona en condiciones normales está dispuesta a recorrer para acceder a una parada de servicio de transporte público (Ammons, 2012; Demetsky & Lin, 1982; Murray & Wu, 2003; Untermann & Lewicki, 1984). Posteriormente, se estableció un segundo buffer de caminata con radio de 200 m, considerando las limitaciones referidas con la caminata para un adulto mayor de 65 años (Petersen, 1968; Neilson & Fowler, 1972), la velocidad promedio de caminata de un adulto mayor (Coffin & Morrall, 1995), y la velocidad promedio de caminata para una persona con enfermedad de Parkinson (Paker *et al.*, 2015). Los valores de ponderación para capacidad y frecuencia del vehículo del SITM, se definen en las Ecuaciones (2) y (3), respectivamente:

$$W_{ci} = \frac{C_i}{C_{min}} \quad (2)$$

donde,

W_{ci}= Factor de ponderación por la capacidad del servicio *i*.

C_i= Capacidad del vehículo para el servicio *i*.

C_{min}= Capacidad mínima del vehículo para todos los servicios disponibles.

$$W_{fi} = \frac{F_i}{F_{min}} \quad (3)$$

donde,

W_{fi}= Factor de ponderación por la frecuencia del servicio *i*.

F_i= Frecuencia para el servicio *i*.

F_{min}= Frecuencia mínima para todos los servicios disponibles.

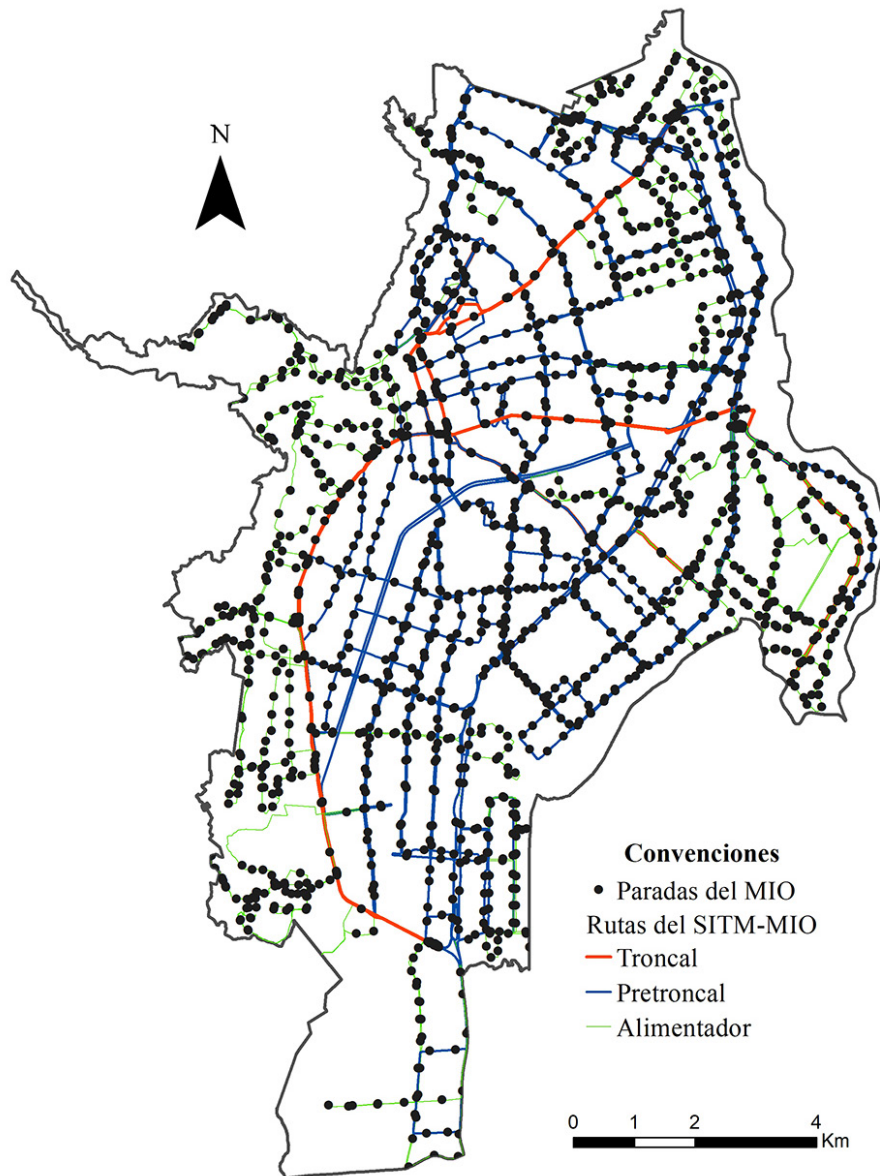
La red de corredores troncales se integra con las redes de corredores pretroncales y las redes de corredores complementarios operados por buses de menor capacidad (Figura 1) (Metro Cali, 2016). Las características disponibles para el servicio de buses fueron calculadas a partir de datos consolidados de la oferta del SITM (Tabla 1), el cual conecta la ciudad a través de un conjunto de corredores troncales con carriles segregados y preferenciales, destinados en forma exclusiva a la operación de autobuses de alta —articulados— y mediana capacidad —padrones—.

Tabla 1. Características por Tipo de Corredor servicios del SITM

Tipo de Corredor	Nº Total Paradas	Capacidad del Vehículo (Pasajeros), <i>C_i</i>	Frecuencia Promedio (veh/h), <i>F_i</i>
Troncal	139	160	7,6
Pretroncal	979	80	6,3
Alimentador	968	60	5,7

Elaboración propia

Figura 1. Infraestructura de servicios del SITM, Santiago de Cali

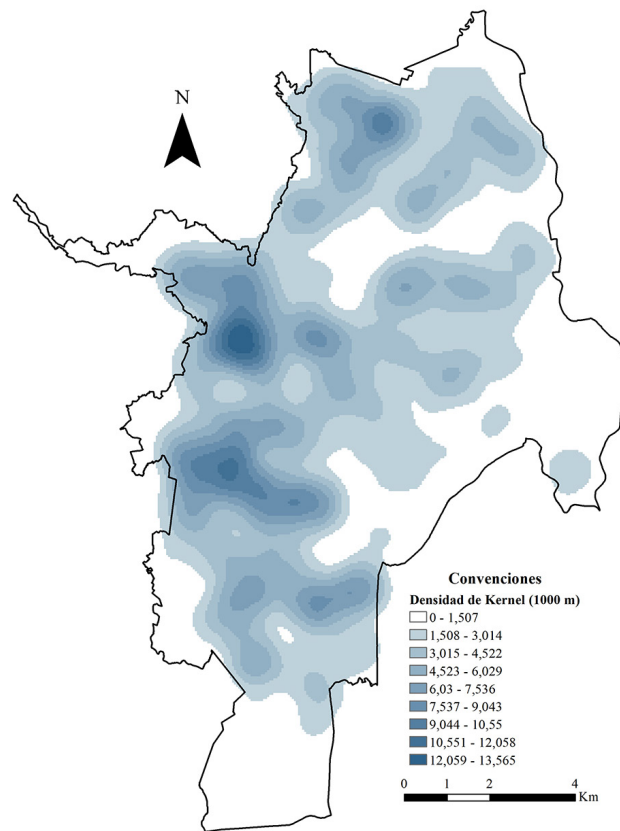


Elaboración propia

A cada registro de la base de datos de pacientes con enfermedad de Parkinson atendidos en la Fundación Parkinson de Colombia en la sede Santiago de Cali, se le definió un atributo código “*Id*”, correspondiente al número único de identificación de cada paciente, obteniendo un total de 363 registros. Los registros suministrados se encontraban anonimizados, sin descripción alguna que comprometiera información personal de los pacientes. La población empleada representa una muestra de aproximadamente el 20% de la población registrada con enfermedad de Parkinson en la ciudad. A partir de procesos de geocodificación y georreferenciación de cada uno de los registros del lugar de residencia de los pacientes, se construyó un mapa de densidad de Kernel empleando un radio superficial de 1000 m (Figura 2) con el propósito de reconocer la distribución espacial de la población objeto de estudio.

Posterior al cálculo del *IPTPI* para cada paciente registrado en la base de datos y para cada buffer de caminata desde su lugar de residencia (400 m y 200 m), se realizó el respectivo análisis estadístico y estimación de ojivas de frecuencia acumulada. Finalmente, con el propósito de reconocer la distribución espacial del *IPTPI* se empleó el método de interpolación inverse distance weighting (IDW), conservando los parámetros establecidos por defecto del software ArcGIS®.

Figura 2. Distribución espacial lugar de residencia pacientes atendidos en la Fundación Parkinson de Colombia, sede Santiago de Cali



Elaboración propia

2.2. Evaluación de la Equidad Espacial

Para evaluar la equidad espacial se empleó la curva de Lorenz y el coeficiente de Gini (Gini, 1912; Lorenz, 1905). Con la Curva de Lorenz se representó gráficamente la distribución del IPTPI con respecto al número de pacientes con trastorno degenerativo. La curva se graficó considerando en el eje horizontal el porcentaje acumulado de pacientes con trastorno degenerativo y en el eje vertical el porcentaje acumulado de provisión de servicio de transporte público. El coeficiente de Gini representa el área de concentración entre la curva de Lorenz y la línea de igualdad perfecta, ya que expresa una proporción del área encerrada por el triángulo definido por la línea diagonal de igualdad perfecta y la línea curva de desigualdad perfecta. Cuanto más cercano sea el coeficiente a 1, más desigual será la distribución. Para ello, se tuvo en cuenta la Ecuación (4) según Rodrigue *et al.* (2016).

$$G = 1 - \sum_{i=0}^N (\sigma Y_i + \sigma Y_{i-1})(\sigma X_i - \sigma X_{i-1}) \quad (4)$$

donde,

G = Valor del índice de Gini.

σY_i = Proporción real acumulada de la población dotada de provisión de transporte.

σX_i = Proporción ideal acumulada de la población dotada de provisión de transporte.

N = Número de elementos.

3. Resultados

A continuación, se presentan los productos asociados al desarrollo metodológico descrito en la sección previa. Los resultados obtenidos en este análisis son representativos para aproximadamente el 20% de la población registrada con enfermedad de Parkinson en la ciudad de Santiago de Cali.

3.1. Evaluación de la Provisión de Transporte Público

En la Tabla 2 se presentan los estadísticos del *IPTPI* para los dos buffers de caminata planteados, 400 y 200 m. El comportamiento del indicador *IPTPI* de 400 m revela que el valor máximo es un caso atípico que refiere a la existencia de intervalos vacíos entre 65 y 113,80, lo que explica bajos números tanto para la media como para la mediana y un elevado coeficiente de variación. Para el *IPTPI* de 200 m el rango de valores es mucho menor respecto al *IPTPI* de 400 m, debido a la disminución en el número de paradas disponibles en el radio de búsqueda. Ambos radios de búsqueda presentan una asimetría positiva y una distribución leptocúrtica.

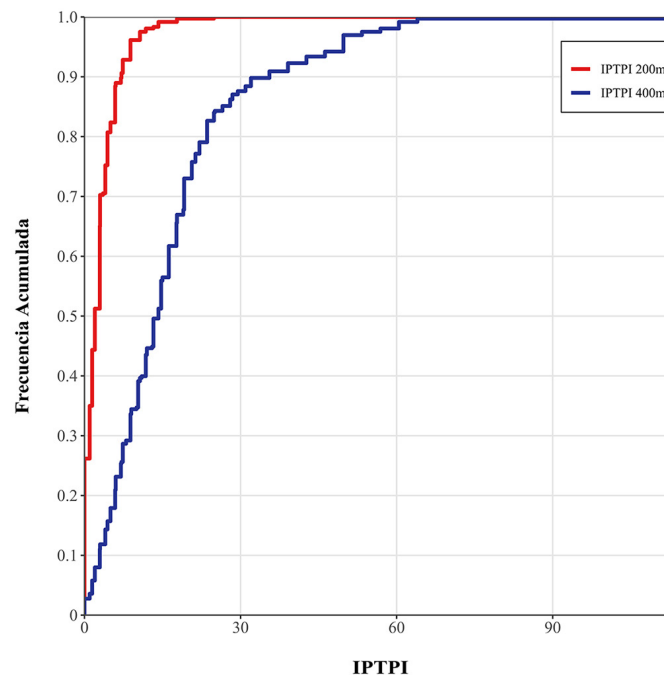
Tabla 2. Resumen estadístico del para cada buffer de caminata

Indicador	Media	Mediana	Coefficiente de Variación (%)	Desviación	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curtosis
400 m	16,70	14,20	84,90	14,20	0,00	113,80	2,04+	9,96
200 m	2,94	2,00	111,20	3,27	0,00	24,90	2,18+	10,80

Elaboración propia

Con relación a la frecuencia acumulada presentada en la Figura 3, se destaca que, valores del *IPTPI* entre 0 y 15 corresponden aproximadamente al 50% y al 98% de los pacientes, para los rangos de caminata de 400 m y 200 m, respectivamente. El número de pacientes sin paradas aproximadamente se duplica.

Figura 3. Frecuencia Acumulada para el *IPTPI*



Elaboración propia

Las Figuras 4 ilustran la distribución espacial del *IPTPI* para los diferentes niveles de provisión de transporte público usando el método de interpolación IDW. En la Figura 4a se presenta el *IPTPI* 400 m, en la que se observa que las zonas de residencia de los pacientes atendidos en la Fundación Parkinson de Colombia (sede Santiago de Cali) con mejor provisión de servicio de transporte público se encuentran por encima de un valor de 30. Se evidencian zonas de gran extensión que señalan baja provisión de transporte público para los pacientes residentes en las zonas sur, centro-occidente, sur-oriental y una franja irregular del centro al oriente de la ciudad. Por otra parte, se observa una franja desde la zona centro-occidente hacia la zona norte con una provisión favorable de servicio de transporte público para los pacientes residentes en esas zonas debido a la oferta tanto de corredores como de número de paradas próximos a los lugares de residencia en el buffer de caminata.

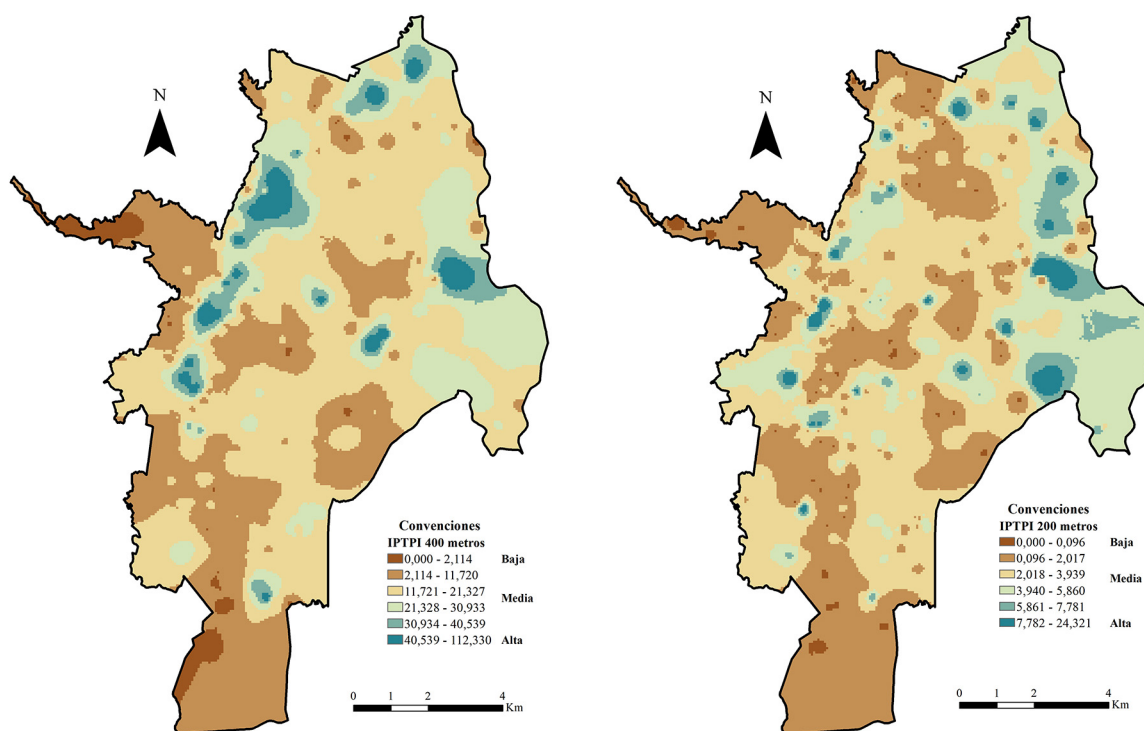
En la Figura 4b se presenta el IPTPI 200 m, en la que se observa que las zonas de residencia de los pacientes atendidos en la Fundación Parkinson de Colombia (sede Santiago de Cali) con mejor provisión de servicio de transporte público se encuentran por encima de un valor de 6. El comportamiento del IPTPI para un buffer de caminata de 200 m, sigue la tendencia de su análogo de 400 m, y se agudiza la reducción en la provisión de transporte, debido a que la restricción en el radio de búsqueda implica una disminución considerable en la oferta de paradas de los servicios del SITM próximas a los lugares de residencia de los usuarios con enfermedad neurodegenerativa considerados en este estudio.

En términos cualitativos el comportamiento de los valores se mantiene, mientras cuantitativamente el comportamiento tiende a ser desfavorable al reducir el buffer de caminata a la mitad para acceder a una parada del servicio de buses.

Figura 4. IPTPI para los pacientes atendidos en la Fundación Parkinson de Colombia, sede Santiago de Cali

a) IPTPI, buffer de caminata 400m

b) IPTPI, buffer de caminata 200 m



Elaboración propia

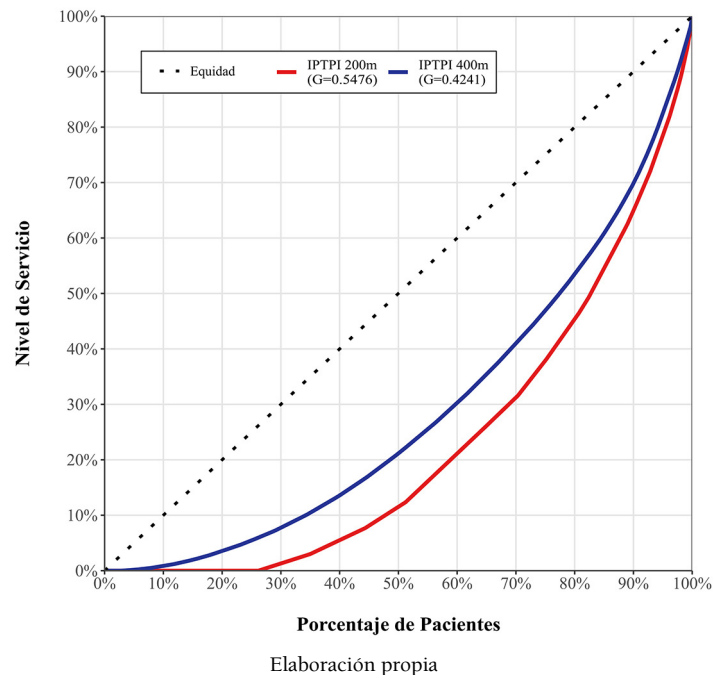
3.2. Evaluación de la Equidad Espacial

La Figura 5 presenta las curvas de Lorenz para el IPTPI para buffers de caminata de radio de 400 y 200 m. Se observa que, para el buffer de 400 m, el 40% de los pacientes menos favorecidos tienen una provisión de servicio de transporte público inferior al 15% y el 60% de los pacientes una provisión de servicio de transporte público ligeramente superior al 30%. Este indicador tiene un coeficiente de Gini de 0,42 representando una inequidad resultante de la separación entre la curva y la línea de perfecta equidad. Para el buffer de caminata de radio de 200 m, se observa que el 40% de los pacientes menos favorecidos tienen una provisión de servicio de transporte público inferior al 5% y el 60% de los pacientes una provisión de servicio de transporte público del 20%. Este indicador tiene un coeficiente de Gini de 0,54 representando una inequidad resultante de la amplia separación entre la curva y la línea de perfecta equidad.

Al considerar una reducción del buffer de caminata como consecuencia de las limitaciones de movilidad estimadas para pacientes con enfermedad neurológica se observa un incremento de inequidad del 29%, tomando como referencia el coeficiente de Gini para el indicador de provisión de transporte público con buffer de caminata de radio de 400 m. Desde la perspectiva de provisión de estaciones de parada del

SITM, se observó que el 7% y el 28% de la población objeto de estudio no tienen acceso a una parada del SITM en los buffers de caminata de 400 m y 200 m, respectivamente.

Figura 5. Curva de Lorenz para el IPTPI



4. Discusión de resultados

En la evaluación de la provisión de transporte los resultados obtenidos fueron contrastados con los hallazgos obtenidos por Delmelle & Casas (2012) en cuanto a las zonas de cobertura teniendo en cuenta los tiempos de caminata para llegar a las paradas del SITM. De igual forma se aprecia coherencia con lo obtenido por Jaramillo *et al.* (2012) sobre la distribución espacial de la provisión de transporte del SITM en la ciudad de Cali. El estudio realizado por Delmelle & Casas (2012) identifica que el SITM es fundamental para proporcionar acceso equitativo a los usuarios permitiendo el alcance a las oportunidades en la escala territorial de operación del sistema. Los hallazgos en dicho estudio indican una estimación conservadora del acceso en modo caminata al SITM, con la gran mayoría del área de la ciudad cubierta por al menos 20 minutos a pie, a excepción de varios vecindarios en el borde occidental de la ciudad. Este tiempo de caminata representa longitudes entre 1-1,5 km para personas sin compromiso de sus funciones motoras. En contraste, considerando las limitaciones de los usuarios con enfermedades neurodegenerativas, estos tendrían una cobertura estimada para estaciones de parada del SITM que se encuentren a no más de 5 minutos desde sus lugares de residencia.

Por otra parte, en el trabajo de Jaramillo *et al.* (2012), el SITM se reconoce como una alternativa de transporte que beneficia la movilidad urbana, sin embargo, se evidencian oportunidades de mejora asociadas con la cobertura espacial y de una mayor atención hacia los usuarios que poseen elementos característicos de las necesidades sociales del servicio de transporte, que no suelen ser considerados en los procesos de planificación de los sistemas de transporte. Esto está en sintonía con los hallazgos de este estudio con relación a los pacientes de la enfermedad neurodegenerativa. Asociado a esto, de manera análoga, Jaramillo *et al.* (2012), muestran diferencias espaciales entre los indicadores de provisión estimados y las necesidades de los pacientes de interés. Los resultados coinciden en indicar que el SITM puede y debe mejorar sus servicios implementando medidas específicas que tomen en cuenta las características de ciertos colectivos que hacen parte importante de las necesidades sociales del servicio de transporte en la ciudad de Santiago de Cali.

Con relación a la evaluación de la equidad espacial, los resultados obtenidos en este estudio son más críticos que lo hallado por Cardona & Jaramillo (2020) para el transporte activo y para la población en general de la ciudad de Santiago de Cali. La condición de los pacientes con enfermedad de Parkinson es

mucho más desfavorable desde la perspectiva del transporte motorizado, en especial el SITM disponible en la zona de estudio. En este sentido Cardona & Jaramillo (2020) determinan en su análisis que la distribución de los indicadores de accesibilidad basados en la ciclo-infraestructura es más equitativa (coeficiente de Gini entre el 22% y el 27%), considerando las condiciones socioeconómicas de la población en el ámbito urbano, dependiendo de los indicadores y sectores de la población considerada. Estas medidas, en el caso de la evaluación análoga con el SITM y los pacientes objeto de este estudio es del orden de 42% y el 54%, mostrando una situación más desbalanceada con valores cercanos al doble de los obtenidos por Cardona & Jaramillo (2020). Los dos estudios dejan evidencias sobre la necesidad de considerar una reestructuración de la provisión de transporte que sea más cercana a la necesidad de viajes, que es distinto a la demanda satisfecha por un modo de transporte en particular.

5. Conclusiones

Con relación a los estadísticos del *IPTPI*: media, mediana y máximo para los buffers de caminata considerados, 400 m y 200 m, se observa que al reducir en un 50% la distancia del buffer de caminata para acceder a una parada del SITM, estos estadísticos se reducen en una proporción de aproximadamente 6 a 1 para la media, 7 a 1 para la mediana, y 5 a 1 para el valor máximo del indicador.

Desde la perspectiva de provisión de estaciones de parada del SITM, se observó una relación de 1 a 4 para pacientes sin acceso al SITM en los buffers de caminata de 400 m y 200 m, respectivamente. Las zonas críticas en las que residen los pacientes atendidos en la Fundación Parkinson de Colombia, sede Santiago de Cali, se evidencian hacia los sectores sur, centro-occidente, sur-oriental y una franja irregular del centro al oriente de la ciudad, que señalan baja densidad de paradas sobre los corredores viales de la red.

Las zonas de residencia de los pacientes desde el sector centro-occidente hacia sector norte, evidencian una alta provisión del servicio de transporte individualizado, debido a la elevada densidad de paradas que satisfacen el acceso de los pacientes al SITM desde su lugar de residencia dentro de cada buffer de caminata considerado.

El comportamiento espacial de la provisión de transporte para el 40% de los pacientes menos favorecidos se reduce en una proporción de 3 a 1, al reducir en un 50% la distancia del buffer de caminata (400 m a 200 m) para acceder a una parada del SITM-MIO.

El Coeficiente de Gini estimado para *IPTPI* de 400 m y 200 m, es 0,42 y 0,54, respectivamente. Estos valores representan una inequidad resultante de la separación entre la curva y la línea de perfecta equidad para ambos buffers de caminata. Al tomar como referencia el coeficiente de Gini para el buffer de caminata de 400 m, se observa un incremento de inequidad del 31% para el buffer de caminata de 200 m.

Al estimar la equidad espacial a través del uso de los coeficientes de Gini y la curva de Lorenz se encontró un considerable grado de desigualdad para la provisión de transporte público individualizado, debido principalmente a que este indicador obedece a múltiples factores, como la disponibilidad de caminata de los pacientes y la proximidad entre la residencia del paciente a una parada y/o un corredor vial del SITM.

La metodología desarrollada es de fácil implementación dado que requiere solamente la articulación entre la información asociada a la operación del sistema como corredores, paradas y capacidad de los buses y la localización de la residencia de los pacientes. Integrando dicha información a través de un valor único basado en la curva de Lorenz y el coeficiente de Gini es posible medir la equidad en la provisión del servicio de transporte público para un grupo de población específico como es el caso de los pacientes con enfermedad de Parkinson. Esta metodología permite orientar estrategias en torno a la planificación y operación del sistema de transporte al reconocer grupos de población desatendidos por este servicio, para los cuales será necesario establecer esquemas operacionales que atiendan a la demanda específica del tipo de colectivo, garantizando el derecho a la equidad en lo referente a la provisión de transporte e inclusión social.

Agradecimientos

Los autores del manuscrito agradecen la valiosa colaboración de la Fundación Parkinson de Colombia en su sede de Santiago de Cali, por el suministro de las bases de datos anonimizadas de las direcciones de residencia de sus pacientes, las cuales fueron fundamentales en el desarrollo de esta investigación.

Referencias

- Alatorre, C. (2004). *Inequidad social y transporte urbano: La saturación de un recurso de uso común*. En X Conferencia Bienal de la Asociación Internacional para el Estudio de la Propiedad Colectiva (IASCP) “Los recursos de uso común en una era de transición global: retos, riesgos y oportunidades”. Oaxaca, México. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10535/120>
- Ammons, D. (2012). *Municipal Benchmarks: Assessing Local Performance and Establishing Community Standards*. <http://dx.doi.org/10.4135/9781452233468>
- Amoroso, S., Salvo, G., & Zito, P. (2011). *L'accessibilità dei Trasporti Pubblici come Strumento per Vincere l'Esclusione Sociale*. En XII Conferencia de la Sociedad Italiana de Economía del Transporte y Logística. Conferencia llevada a cabo en Roma, Italia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10447/53639>
- Arboleda, A.F., Vargas, D.J., & Galicia, J.C. (2009). *Caracterización del nivel de funcionalidad cotidiana en un grupo de adultos mayores (AÑORANZAS) de COOEDUCAR-COMCAJA* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/980>
- Asprilla, J. (2014). *Niveles de Accesibilidad y Cobertura de la Red de Salud Pública en la ciudad de Cali* (Tesis de pregrado). Universidad del Valle. Cali. Recuperado de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/8533>
- Camporeale, R., Caggiani, L., & Ottomanelli, M. (2019). Modeling horizontal and vertical equity in the public transport design problem: A case study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 125, 184-206. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.04.006>
- Cardona, C., & Jaramillo, C. (2020). Midiendo la equidad de acceso a la infraestructura de bicicletas en Santiago de Cali, Colombia. En Figueroa, O., Valenzuela, L.M., & Brasileiro, A. (Coords), *Desafíos del desarrollo urbano sostenible en el transporte y la movilidad* (pp. 163-187). Zinacantepec: El Colegio Mexiquense, A.C.
- Casas, I. (2007). Social Exclusion and the Disabled: An Accessibility Approach. *The Professional Geographer*, 59(4), 463-477. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9272.2007.00635.x>
- Cebollada, À., & Avellaneda, P. G. (2008). Equidad social en movilidad: reflexiones en torno a los casos de Barcelona y Lima. *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 12. Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-270/sn-270-47.htm>
- Church, A., Frost, M., & Sullivan, K. (2000). Transport and social exclusion in London. *Transport Policy*, 7(3), 195-205. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(00\)00024-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0967-070X(00)00024-X)
- Coffin, A., & Morrall, J. (1995). Walking speeds of elderly pedestrians at crosswalks. *Transportation Research Record*, 1487, 63-67.
- Currie, G. (2010). Quantifying spatial gaps in public transport supply based on social needs. *Journal of Transport Geography*, 18, 31-41. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.12.002>
- Demetsky, M.J., & Lin, BB-M. (1982). Bus Stop Location and Design. *Transportation Engineering Journal of ASCE*, 108(4), 313-327. <https://doi.org/10.1061/TPEJAN.0000991>
- Delbosc, A., & Currie, G. (2011). Using Lorenz curves to assess public transport equity. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1252-1259. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.02.008>
- Delmelle, E. C., & Casas, I. (2012). Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia. *Transport Policy*, 20(C), 36-46. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.12.001>
- Espina Prieto, M., & Varela, C. F. (2010). *Desarrollo, desigualdad y políticas sociales : acercamientos desde una perspectiva compleja*. Publicaciones Acuario, Centro Félix Varela.
- Farrington, J. H. (2007). The new narrative of accessibility: its potential contribution to discourses in (transport) geography. *Journal of Transport Geography*, 15(5), 319-330. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.007>
- Fundación Parkinson de Colombia. (2014). *Base de Datos pacientes atendidos en la Sede de Santiago de Cali. 2014*. Suministrada en formato digital con reserva de publicación.

- Gene, F. H., & Berrocal, R. G. (2017). Accesibilidad física de la población a servicios de salud pública en San Pelayo y Cereté, Córdoba, Colombia, año 2015. *Perspectiva Geográfica*, 22(2 SE-Artículos). <https://doi.org/10.19053/01233769.7599>
- Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127-140. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Gini, C. (1912). Variabilità e Mutabilità (Bologna: Tipografia di Paolo Cuppini). En: Dorfman, R. (1979). *A Formula for the Gini Coefficient. The Review of Economics and Statistics*, 61(1), 146-149. <https://doi.org/10.2307/1924845>
- Goyes, D.M., & Díaz, B. (2015). *Niveles de accesibilidad a los servicios de salud de urgencias, en el departamento del Valle del Cauca* (Tesis de pregrado). Universidad del Valle. Cali.
- Guagliardo, M. F. (2004). Spatial accessibility of primary care: Concepts, methods and challenges. *International Journal of Health Geographics*, 3, 1-13. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-3-3>
- Guzmán, L. A., Oviedo, D. R., & Rivera, C. (2017). Assessing equity in transport accessibility to work and study: The Bogotá region. *Journal of Transport Geography*, 58, 236-246. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.12.016>
- Huerta Munoz, U., & Källestål, C. (2012). Geographical accessibility and spatial coverage modeling of the primary health care network in the Western Province of Rwanda. *International Journal of Health Geographics*, 11, 1-11. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-40>
- Jaramillo, C., Lizárraga, C., & Grindlay, A. L. (2012). Spatial disparity in transport social needs and public transport provision in Santiago de Cali (Colombia). *Journal of Transport Geography*, 24, 340-357. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.04.014>
- Keeling, D. J. (2008). Latin America's Transportation Conundrum. *Journal of Latin American Geography*, 7(2), 133-154. <https://doi.org/10.1353/lag.0.0005>
- Kondo, W., Barber, B., & Sherman, L. (1974). Method for evaluating metropolitan accessibility. *Transportation Research Record*, 499, 70-82. Recuperado de <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1974/499/499-006.pdf>
- Lazo Corvalán, A. (2008). Transporte, movilidad y exclusión: El caso de Trasantiago en Chile. *Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 12, 41. Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-270/sn-270-45.htm>
- Lévy, J., Fauchille, J.N., & Póvoas, A. (2018). Théorie de la justice spatiale. Géographies du juste et de l'injuste. Odile Jacob. Recuperado de <https://www.jssj.org/article/theorie-de-la-justice-spatiale-geographies-du-juste-et-de-linjuste/>
- Litman, T. (2002). Evaluating transportation equity. *World Transport Policy & Practice*, 8(2), 50-65.
- Litman, T. (2005). Evaluating Transportation Equity: Guidance for Incorporating Distributional Impacts in Transportation Planning. *Victoria Transport Policy Institute, Victoria, British*, 8(2), 50-65. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1040.6553&rep=rep1&type=pdf>
- Lorenz, M. O. (1905). Methods of Measuring the Concentration of Wealth. *Publications of the American Statistical Association*, 9(70), 209-219. <https://doi.org/10.2307/2276207>
- Lovett, A., Haynes, R., Sünnerberg, G., & Gale, S. (2002). Car travel time and accessibility by bus to general practitioner services: a study using patient registers and GIS. *Social Science & Medicine*, 55(1), 97-111. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(01\)00212-X](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(01)00212-X)
- Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now?. *Transport Policy*, 20, 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013>
- Luo, W., & Wang, F. (2003). Measures of Spatial Accessibility to Health Care in a GIS Environment: Synthesis and a Case Study in the Chicago Region. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(6), 865-884. <https://doi.org/10.1068/b29120>
- Martínez, D.C. (2012). *Estrategias para promover la accesibilidad, cobertura y calidad en el sistema de transporte público urbano para la población con discapacidad física: caso Bogotá* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11512>

- Merciu, C., Stoian, D., Merciu, G., & Saghin, I. (2013). Using GIS for calculating the accessibility to hospitals in the city of Bucharest and its metropolitan area (Romania). *Geographica Pannonica*, 17(4), 106-113. <https://doi.org/10.5937/GeoPan1304106M>
- Mesa, D., & Machado, D. (Noviembre de 2013). La equidad social como eje transversal en las políticas de movilidad urbana. En *memorias 3er Encuentro Iberoamericano de Movilidad Urbana Sostenible*. Lima, Perú. Recuperado de <http://ciudadennovimiento.org/wp-content/uploads/2014/03/2do-Premio-Dayana-Mesa-Darmis-Machado.pdf>
- Metro Cali S.A. (2016). *Base de Datos Infraestructura Operacional*. Suministrada en formato digital con reserva de publicación.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). *Observatorio para Medición de Desigualdades y Análisis de Equidad en Salud, ODES Colombia*. Recuperado de http://sia.eurosocial-ii.eu/files/docs/1452159783-OC_guia_ross_odes_colombia.pdf
- Monzón, A. (1988). *Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte. Aplicaciones en la comunidad de Madrid* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. <http://oa.upm.es/736/1/04198801.pdf>
- Moreno, B., García-Alonso, C. R., Negrín Hernández, M. A., Torres-González, F., & Salvador-Carulla, L. (2008). Spatial analysis to identify hotspots of prevalence of schizophrenia. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 43(10), 782-791. <https://doi.org/10.1007/s00127-008-0368-3>
- Moreno Jiménez, A. (2006-07). En torno a los conceptos de equidad, justicia e igualdad espacial. *Huellas*, 11, 133-142. <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/huellas/n11a09moreno.pdf>
- Murray, A. T., & Wu, X. (2003). Accessibility tradeoffs in public transit planning. *Journal of Geographical Systems*, 5(1), 93-107. <https://doi.org/10.1007/s101090300105>
- Neilson, G., & Fowler, W. (1972). Relation between transit ridership and walking distances in a low-density Florida retirement area. *Highway Research Record*, 403, 26-34.
- Paker, N., Bugdayci, D., Goksenoglu, G., Demircioğlu, D. T., Kesiktas, N., & Ince, N. (2015). Gait speed and related factors in parkinson's disease. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(12), 3675-3679. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.3675>
- Pereira, R. H. M., Schwanen, T., & Banister, D. (2017). Distributive justice and equity in transportation. *Transport Reviews*, 37(2), 170-191. <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1257660>
- Petersen, S. C. (1968). Walking distances to bus stops in Washington, D.C. residential areas. *Traffic Engineering*, 39(3), 28-35.
- Ramjerdi, F. (2006). Equity Measures and Their Performance in Transportation. *Transportation Research Record*, 1983(1), 67-74. <https://doi.org/10.1177/0361198106198300110>
- Rodrigue, J.P., Comtois, C., & Slack, B. (2016). The geography of transport systems. In *The Geography of Transport Systems*. <https://doi.org/10.4324/9781315618159>
- Rodriguez, D., & Targa, F. (2004). Value of accessibility to Bogotá's bus rapid transit system. *Transport Reviews*, 24, 587-610. <https://doi.org/10.1080/0144164042000195081>
- Rojas, C., & Martínez Bascuñán, M. (2014). Evaluación de la Accesibilidad Espacial a la red hospitalaria en el área metropolitana de Concepción. *Revista Digital Del Grupo de Estudios Sobre Geografía y Análisis Espacial Con Sistemas de Información Geográfica*, 6, 176-200.
- Ruiz, M., Seguí Pons, J. M., Mateu Lladó, J., & Martínez Reynés, M. R. (2016). Evaluación de la equidad del servicio de transporte público: El caso de Palma de Mallorca. *Estudios Geográficos*, 77(281), 619-646. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201621>
- Ruiz, M., Seguí-Pons, J. M., & Mateu Lladó, J. (2017). Improving Bus Service Levels and social equity through bus frequency modelling. *Journal of Transport Geography*, 58, 220-233. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.12.005>
- Salze, P., Banos, A., Oppert, J. M., Charreire, H., Casey, R., Simon, C., & Weber, C. (2011). Estimating spatial accessibility to facilities on the regional scale: An extended commuting-based interaction potential model. *International Journal of Health Geographics*, 10, 1-16. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-10-2>

- Talavera, R. & Valenzuela, L.M. (2014). *Guía para el análisis de la accesibilidad espacial del transporte público: enfoque desde los sistemas de metro ligero*. Proyecto INTEGRAME. Laboratorio de Planificación Ambiental. Granada. Recuperado de http://www.integrame.es/wp-content/uploads/2014/07/GM_Acces1.pdf
- Truelove, M. (1993). Measurement of spatial equity. *Environment and Planning C: 12 Government and Policy* 11, 19-34. <https://doi.org/10.1068/c110019>
- Untermann, R. K., & Lewicki, L. (1984). *Accommodating the pedestrian: adapting towns and neighborhoods for walking and bicycling*. Van Nostrand Reinhold.
- Vasconcellos, E. A. (2001). *Urban Transport, Environment and Equity: The Case for Developing Countries* <https://doi.org/10.4324/9781315071756>
- Welch, T. F., & Mishra, S. (2013). A measure of equity for public transit connectivity. *Journal of Transport Geography*, 33, 29-41. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.09.007>
- World Health Organization (WHO). (2006). *Neurological disorders : public health challenges*. World Health Organization. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43605>

Cita bibliográfica: Morote Seguido, A.F. & Olcina Cantos, J. (2021). Riesgos atmosféricos y cambio climático: propuestas didácticas para la región mediterránea en la enseñanza secundaria. *Investigaciones Geográficas*, (76), 195-220. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18510>

Riesgos atmosféricos y cambio climático: propuestas didácticas para la región mediterránea en la enseñanza secundaria

*Atmospheric risks and climate change: didactic proposals
for the Mediterranean region in middle and high school*

Álvaro-Francisco Morote Seguido¹ 
Jorge Olcina Cantos^{2*} 

Resumen

La educación es una acción fundamental para reducir la acción de los riesgos naturales dentro del contexto del cambio climático actual. No obstante, en los países desarrollados no ha tenido un protagonismo destacado en cuanto al diseño de las políticas de prevención de estos riesgos. Y ello, a pesar del papel que cubre en la concienciación que puedan lograr las cohortes más jóvenes de la sociedad ya que serán protagonistas de estos procesos en las próximas décadas. Este trabajo tiene por objeto proponer actividades didácticas para el tratamiento de cinco procesos principales de manifestación extrema del clima que ya afectan a la región mediterránea y que deben incorporarse en la asignatura de Geografía (Educación Secundaria y Bachillerato). Estas propuestas pretenden ser una guía de trabajo en el aula para ser implementadas en otros territorios, teniendo en cuenta sus rasgos geográficos y disponibilidad de datos. Su implementación en el aula y las ediciones futuras de los libros de texto suponen una apuesta por el factor educación como recurso básico para conseguir una sociedad más resiliente a los extremos atmosféricos vinculados al proceso de cambio climático.

Palabras clave: riesgos climáticos; propuestas didácticas; región Mediterránea; educación; Geografía.

Abstract

Education is an important action for reducing the effects of natural hazards within the context of current climate change. However, in developed countries education has not played a prominent role in the design of risk prevention policies. Moreover, this role is important for raising the awareness of younger cohorts as they will be the protagonists of these processes in the coming decades. The purpose of this work is to propose instruction activities for the treatment of the five main processes of extreme manifestation of the climate that already affect the Mediterranean region and that should be incorporated into the subject of geography (middle and high school). These proposals are intended to be a guide for classrooms to be implemented in other territories and consider their geographical characteristics and availability data. Implementation in classrooms and future editions of school textbooks suppose a commitment to the education factor. This is because education is a basic resource for achieving a society more resilient to the atmospheric hazards linked to climate change.

Keywords: natural hazards; instruction proposals; Mediterranean region; education; Geography.

1 Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Valencia, España. alvaro.morote@uv.es

2 Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Alicante, España. jorge.olcina@ua.es. *Autor para correspondencia

1. Introducción

En los últimos años ha cobrado protagonismo, tanto en la vida cotidiana y en el mundo académico y educativo, la información vinculada con el cambio climático y los extremos atmosféricos asociados (Masters, 2020; Nelles y Serrer, 2020). Algunos investigadores (Martínez-Medina y López-Fernández, 2016; Martínez-Fernández y Olcina, 2019; Olcina, 2020) indican que el tratamiento de esta temática es una tarea difícil debido a la variedad de variables que intervienen. Su explicación en los libros de texto no siempre está bien orientada y se acude, con frecuencia, al mensaje excesivamente llamativo, catastrófico (Morote y Olcina, 2020). Se abusa, en algunos casos, de los estereotipos (Morote, Campo y Colomer, 2021) y las denominadas “fake news” que en los medios de comunicación se publican (Kažys, 2018), para explicar unos fenómenos y procesos de causalidad compleja y de gran impacto social.

El interés por el tratamiento de los riesgos naturales ha llegado a la esfera política con la intención de mejorar su tratamiento en las etapas no universitarias. Un ejemplo de ello ha sido la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático —COP25 Madrid 2019—, donde se produjo el anuncio, por parte de la Ministra de Educación, Cultura y Deporte, de la inclusión de una asignatura sobre esta temática en el proceso de reforma de la educación no universitaria, con plasmación concreta en el currículo escolar. Contenidos que, sin embargo, ya se imparten en algunas asignaturas de ESO (Enseñanza Secundaria Obligatoria) y Bachillerato (Geografía y/o Ciencias Sociales). Otra cuestión es la necesidad de definir objetivos, competencias y criterios de evaluación para esta temática, que se basen en el rigor científico y, sobre todo, en el empleo de esta temática en la formación del profesorado.

Morote y Olcina (2020) explican que seguramente la información sobre esta temática “sea escasa y quizá sea necesario prestar una mayor atención y rigor científico a estos contenidos con la apuesta de una mayor y mejor formación del profesorado (actual y futuro) y no tanto la creación de nuevas asignaturas” (p. 174). La necesidad de una enseñanza rigurosa sobre los riesgos atmosféricos ha sido avalada recientemente por las Naciones Unidas con su impulso decidido por la educación en materias de cambio climático y de extremos asociados como acción básica para conseguir los denominados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) —Agenda 2030—, concretamente el objetivo nº13 “Acción por el clima” (United Nations, 2015). Además, el propio *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2014) ha dejado constancia en su Quinto Informe que la educación es una de las acciones fundamentales para la adaptación de la sociedad al cambio climático ya que, según se indica, una sociedad mejor formada sobre estas cuestiones será más segura ante las consecuencias del actual proceso de calentamiento térmico planetario.

En el caso concreto de los extremos atmosféricos, éstos están relacionados, en los últimos años, con este último proceso que se desarrolla en la atmósfera terrestre, especialmente en lo que atañe a la intensidad y frecuencia de aparición de estos. Desde la publicación del Cuarto Informe del IPCC (2007) se dejó constancia que el comportamiento irregular de la atmósfera terrestre en este contexto favorecía el desarrollo de fenómenos atmosféricos de rango extremo y con las consecuencias de víctimas humanas y daños económicos. Los dos extremos del agua atmosférica —inundaciones y sequías— son los que preocupan en mayor grado debido al elevado impacto que generan en todo el mundo.

El calentamiento climático actual, según la modelización climática, va a tener efectos diferentes según el territorio y la sociedad receptora (Arnell, Lowe, Challinor y Osborn, 2019). La cuenca del Mediterráneo es un ámbito geográfico con alta exposición a los efectos de este proceso. Así lo señala el Quinto Informe del IPCC y diferentes estudios recientes (Pausas y Millán, 2019). La convergencia en este espacio geográfico de una peligrosidad climática elevada y una ocupación intensa del territorio, especialmente en la franja litoral, convierten a las regiones del Mediterráneo en un área de grado elevado de riesgo que se ha incrementado en las últimas décadas. En efecto, tras décadas de urbanización, las áreas urbanas se han convertido en espacios propensos al daño económico y víctimas mortales coincidiendo con episodios extremos de origen natural (Pérez, Navarro y Álvarez, 2016). Al respecto, hay autores que señalan que esta área se ha convertido en una región-riesgo destacada a nivel mundial (Calvo, 2001). En materia climática, el litoral mediterráneo español registra ya los efectos del calentamiento térmico planetario, con manifestaciones regionales: el clima se ha vuelto menos confortable térmicamente, con extremos térmicos y regularidad de calor nocturno —incremento notable de “noches tropicales”— y más irregular en el desarrollo de eventos extremos de precipitación y viento —temporales marítimos— (Pastor, Valiente y Khodayar, 2020).

Cabe destacar, asimismo, la variación estacional de las lluvias y la intensificación de los episodios de precipitaciones intensas. Se ha constatado: una evolución en la regularidad del régimen de las precipitaciones en toda la península Ibérica —a excepción de la fachada cantábrica— (Centros de Estudios y Experimentación de Obras Públicas [CEDEX], 2017); alteración en la estacionalidad desde los años ochenta, proceso que se ha acentuado en la mitad este de la península —descenso de precipitaciones en primavera y un incremento de estas en los meses otoñales— (De Luis, Brunetti, González, Longares y Martín-Vide, 2010); variación en la intensidad de las precipitaciones, muy notable en el área mediterránea española —tormentas de alta intensidad horaria, con descargas de 50-100 mm/hora— (Serrano, 2017); una disminución de las precipitaciones en forma de nieve (Morán, Herrera, López, Revuelta y Beniston, 2012); un incremento de la frecuencia de episodios atmosféricos extremos vinculados con configuraciones ondulatorias de la circulación atmosférica en las capas altas de la atmósfera; y un aumento de los episodios de “gota fría” o DANAs —Depresiones Aisladas en Niveles Altos— desde los noventa (Muñoz, Schultz y Vaughan, 2020).

En cuanto al desarrollo de secuencias de sequía, las investigaciones indican la predominancia de una evolución general al descenso progresivo del volumen de precipitación total anual en la vertiente mediterránea española (CEDEX, 2017) y a la intensificación de los periodos secos (Cramer *et al.*, 2018). Sin embargo, lo que se constata hasta día de hoy es que desde inicios del actual siglo XXI se están desarrollando periodos de sequía más breves e intensos, a diferencia de los que sucedían en la segunda mitad del siglo XX —por ejemplo 1980-1984 y 1991-1995— caracterizados por ser más extensos (Olcina y Biener, 2019).

La enseñanza de los riesgos climáticos pasa por saber interpretar y conocer los diversos factores —naturales y humanos— que interaccionan en el territorio para mostrar a la sociedad su complejidad causal y de efectos, y proporcionar argumentos para las acciones individuales de mitigación y adaptación (Fernández, Gómez y Luengo, 2019). También, el interés en el ámbito escolar sobre esta cuestión aumenta debido a que el cambio climático es uno de los principales desafíos del siglo XXI (Shepardson y Hirsch, 2020; Singh, 2020) y por lo complejo que resulta explicar y analizar las causas y consecuencias. Por ello, la enseñanza de este fenómeno supone un desafío para la enseñanza por parte del profesorado debido a la responsabilidad de formar a las cohortes más jóvenes en su comprensión y adaptación (Eklund, 2018). Sin embargo, cabe indicar que estos conceptos y argumentaciones que se deben explicar —conocidos como la transposición didáctica— (Chevallard, 1991; Lenzen y Smith, 1999), tienen que realizarse de forma sencilla en función del nivel cognitivo de los/as estudiantes, pero, a su vez, con definiciones correctas, sin caer en errores, estereotipos, influencia de los medios de comunicación, etc. (Kažys, 2018).

En el ámbito internacional —ámbito escolar—, se han llevado a cabo diferentes investigaciones que analizan los riesgos atmosféricos como es el caso del riesgo de inundación: en EE.UU. (McWhirter y Shealy, 2018), Europa (Bricelj, 2013; Lechowicz y Nowacki, 2014; McEwen, Stokes, Crowley y Roberts, 2014) o Asia (Ahmad y Numan, 2015). Cabe poner de manifiesto que, en España, de manera general la producción científica sobre esta temática desde el ámbito educativo se ha realizado en el área de las Ciencias Experimentales y Naturales (Díez, 2015; Díez, Hernández-Ruiz, Díez y Carrera, 2020; Hernández-Ruiz, García, Díez y Carrera, 2020; Garzón, Ortega y Garrote, 2009). Desde la Didáctica de la Geografía, tradicionalmente, no ha sido un tema de estudio predominante (Ollero, 1997), aunque en los últimos años se han publicado diferentes trabajos, especialmente en la región valenciana, tanto sobre propuestas y experiencias de salidas de campo y representaciones sociales y formación del profesorado (Morote y Hernández, 2020; Morote y Souto, 2020). En cuanto a la sequía (desde las Ciencias Sociales), tanto en el ámbito internacional como nacional, los trabajos son escasos, como los de Chiwara y Lombard (2018) o Little, Aboud y Lenachuru (2009), concretamente en el continente africano. Para el caso español cabe indicar la publicación de García, Pardo y Rebollo (2009) sobre el tratamiento en los libros de texto de ESO de la crisis ambiental actual —problemas ambientales, cambio climático, pérdida de biodiversidad, desertificación—.

El interés del presente trabajo se debe a los siguientes motivos: 1) la realidad de los riesgos atmosféricos en el litoral mediterráneo en relación con su enseñanza en los niveles educativos de ESO y Bachillerato (IPCC, 2018); 2) los estereotipos y errores conceptuales que se vinculan con estos temas por parte del profesorado así como en los manuales escolares; 3) la consideración de estudiar estas cuestiones teniendo en cuenta las etapas escolares objeto de estudio como pone de manifiesto el actual currículo básico de Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato —Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre—;

4) la necesidad de proponer actividades para la explicación de esta temática en el aula, dado el poco nivel académico que aportan los libros de texto en este sentido ya que continúan presentando una visión enciclopédica e informativa, y reducida visión crítica e interpretativa del territorio. Por ello, resulta necesario llevar a cabo una explicación correcta de estos fenómenos, pero a su vez sencilla y teniendo en cuenta fenómenos cotidianos y vinculados con el entorno; y 5) la educación como uno de los factores no estructurales más importantes para la adaptación a los extremos atmosféricos —aunque no siempre contemplada— y, en definitiva, a las consecuencias previstas de la evolución del clima en una región-riesgo como el litoral mediterráneo español.

Este trabajo tiene por objeto proponer actividades didácticas para el tratamiento de cinco procesos principales de manifestación extrema del clima que ya afectan a la región mediterránea y que deben incorporarse en las asignaturas de Geografía de ESO y Bachillerato. Estas actividades pretenden ser una guía de trabajo en el aula que también pueden ser implementadas en otros territorios, teniendo en cuenta sus rasgos geográficos y disponibilidad de datos. Se pretende, de esta manera, la implementación a la comunidad docente de prácticas educativas diferentes a las que se suelen insertar en los manuales y la puesta en valor del factor educación como instrumento básico para conseguir una sociedad más resiliente a los extremos atmosféricos vinculados al proceso de cambio climático.

2. Metodología

Para desarrollar los objetivos planteados, en primer lugar, se ha consultado el currículo vigente de Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato —Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre— (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2020). En España, cabe indicar que los contenidos docentes están transferidos a las comunidades autónomas, encargándose de concretarlos en un currículo propio. Como este trabajo de propuestas no es exclusivo para determinadas regiones o una única comunidad autónoma española, para su diseño se ha tenido en cuenta la normativa nacional. Es, por tanto, cuestión de cada docente, adaptarse a su curso —incluso puede ser adaptada a la Educación Primaria, por ejemplo, el 3^{er} ciclo— o su región objeto de estudio.

Los contenidos que se insertan en relación con el cambio climático y riesgos atmosféricos en la asignatura de Geografía se ubican en el 1^{er} ciclo de la ESO —1^o y 3^o— y 2^o de Bachillerato. Respecto a las propuestas de actividades que se han elaborado se han tenido en cuenta los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje que recoge el Real Decreto (ver Tabla 1). Teniendo en cuenta el ciclo de Educación Secundaria, en este caso, la asignatura de Geografía e Historia se organiza, en el primer ciclo, dándose los contenidos de Geografía en 1^o y 3^o, mientras que 2^o de ESO y el segundo ciclo —4^o de ESO— se dedica a la Historia. En relación a los contenidos sobre el cambio climático, cabe destacar que en el primer ciclo no se inserta ningún término directamente relacionado. Sin embargo, se comprende que debe tratarse en el Bloque 1 “El medio físico” cuando se explica climatología y los problemas ambientales, pero, además, en el Bloque 2 “El espacio humano” —contenidos sobre desarrollo sostenible y problemas ambientales— (Tabla 1). Esto es especialmente interesante destacarlo ya que se considera este fenómeno dentro del área más social de la Geografía —tradicionalmente el cambio climático se suele insertar en los temarios relacionados con la Geografía Física—.

Respecto a 2^o de Bachillerato, según el Real Decreto, los contenidos relacionados con el cambio climático se localizan en el Bloque 3 “La diversidad climática y la vegetación” y Bloque 4 “La Hidrografía” que, según se explica, aportan: “la posibilidad de analizar y realizar interpretaciones globales, sistemáticas e integradas de la realidad territorial; e identificar las unidades territoriales, los paisajes, los resultados de la actividad humana para poder conocer y comprender el espacio” (p. 138). De esta manera, la Geografía planteada en este curso tiene como objeto principal dar una interpretación holística e interrelacionada de cada fenómeno geográfico y ofrecer los mecanismos para dar respuesta y explicación a los problemas territoriales españoles.

En segundo lugar, para plantear las propuestas didácticas que muestren la realidad de los aspectos más significativos que están teniendo lugar en las últimas décadas en relación con el desarrollo de episodios atmosféricos extremos que, además, están manifestando la influencia del proceso actual de calentamiento climático en el litoral mediterráneo español se han seguido diferentes pasos: 1) revisión de los contenidos sobre esta temática que presentan los manuales escolares de 1^o y 3^o de ESO y 2^o de Bachillerato, para valorar lo ajustado o no de los mismos a la realidad que ofrecen los datos científicos. Por tanto, se han revisado para estos cursos, los textos de las editoriales Anaya, Santillana y SM —cursos 2020-2021—

(Tabla 2), al ser las editoriales de ámbito estatal más utilizadas y representativas (ver Sánchez-Fuster, 2017; Valls, 2007); y 2) revisión de noticias de prensa publicadas en la última década —2010-2020— en los principales diarios editados del ámbito mediterráneo —Diario Levante, Diario Información y ediciones regionales de diarios de tirada nacional—. Todo ello, con el objetivo de conocer la transmisión social de esta temática y problematizar las propuestas didácticas para que el alumnado obtenga un aprendizaje significativo teniendo en cuenta la cotidianeidad de estos problemas en su entorno más próximo.

Tabla 1. Contenidos sobre riesgos atmosféricos y cambio climático que se insertan en el currículo de Educación Secundaria y Bachillerato —asignatura de Geografía—

Curso	Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje
1 ^{er} ciclo de ESO. Bloque 1 “El medio físico”	- Medio físico: España, Europa y el mundo: relieve; hidrografía; clima: elementos y diversidad paisajes; zonas bioclimáticas; medio natural: áreas y problemas medioambientales	- Conocer, describir y valorar la acción del hombre sobre el medio ambiente y sus consecuencias.	- Realiza búsquedas en medios impresos y digitales referidas a problemas medioambientales actuales y localiza páginas y recursos web directamente relacionados con ellos.
1 ^{er} ciclo de ESO. Bloque 2 “El espacio humano”	- Actividades humanas: áreas productoras del mundo. - Aprovechamiento y futuro de los recursos naturales. Desarrollo sostenible.	- Conocer y analizar los problemas y retos medioambientales que afronta España, su origen y las posibles vías para afrontar estos problemas. - Entender la idea de “desarrollo sostenible” y sus implicaciones.	- Compara paisajes humanizados españoles según su actividad económica. - Define “desarrollo sostenible” y describe conceptos clave relacionados con él.
2 ^o Bachillerato. Bloque 3 “La diversidad climática y la vegetación”	- Factores geográficos y elementos del clima. - Dominios climáticos españoles: su problemática.	- Obtener y seleccionar información de contenido geográfico relativo a la diversidad climática de España utilizando las fuentes disponibles, tanto de Internet, como de medios de comunicación social, o bibliografía.	- Analiza cómo afecta a España el cambio climático. - Utilizando gráficas y estadísticas que reflejan las lluvias torrenciales extrae conclusiones medioambientales.
2 ^o Bachillerato. Bloque 4 “La Hidrografía”	- El aprovechamiento de los recursos hídricos: la incidencia de la sequía y las lluvias torrenciales.	- Analizar el aprovechamiento de los recursos hídricos en nuestro país incluyendo las características de sequía y lluvias torrenciales del clima.	- Sitúa en un mapa de la red hidrográfica española los grandes embalses. Deduce consecuencias analizando también las características climáticas. - Analiza y comenta gráficas y estadísticas que reflejan las épocas de sequía en relación con un mapa de tipos de regímenes fluviales de los ríos de la península. Saca conclusiones

Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2020). Elaboración propia

La elaboración de las propuestas para ESO y Bachillerato se han diseñado atendiendo a los principales riesgos climáticos que afectan a la región mediterránea como son el aumento de extremos atmosféricos (olas de calor) y pérdida de confort climático; descenso de las precipitaciones anuales; aumento de episodios de lluvias intensas; aumento de las sequías; y aumento de la temperatura del mar. También, cabe indicar que se ha realizado una consulta de trabajos académicos y ensayos sobre Didáctica de la Geografía para la explicación del cambio climático y de sus extremos atmosféricos más significativos.

Las propuestas se plantean para que el alumnado las pueda llevar a cabo tanto individualmente o en trabajo grupal y se puedan realizar en el aula o como tarea para casa. También, como se plantean ejercicios matemáticos y análisis de tendencias, se puede pensar en realizar estas actividades de forma transversal con las clases de Matemáticas. Se trata de una oportunidad que se ha impulsado, tras los efectos de la Covid-19, con la apuesta de trabajar por ámbitos. En cuanto a la evaluación y calificación, es el docente

quien debe decidir, al igual que el peso que le otorga a su calificación. Incluso, puede ser una propuesta de examen o actividad de síntesis de la unidad didáctica dedicada a la climatología donde suelen insertarse contenidos sobre cambio climático y riesgos naturales. También, cabe destacar que las actividades que aquí se proponen tienen el objetivo de ser una guía y modelo para que el profesorado pueda implementar en otros ámbitos geográficos donde sea accesible una serie de datos lo suficientemente amplia —al menos 30 años— para poder llevar a cabo análisis de tendencias. Por ello, para la elaboración de actividades, puede ser interesante la consulta de serie climáticas de observatorios, con la comparativa entre periodos estadísticos diferentes, que también pueden obtenerse en la web de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) como aquí se propone.

Tabla 2. Libros de texto de Geografía consultados

Curso	Manual escolar	
1º ESO	Anaya	Burgos, M. y Muñoz, M.C. (2020). <i>Geografía de Historia</i> . Proyecto “Aprender en crecer en conexión”. Madrid: Anaya.
	Santillana	Grence, T. (2015). <i>Geografía e Historia</i> . Edicions Picanya, Valencia: Voramar.
	SM	Buzo, I., Lázaro, M., De la Mata, A. y Mesegar, M. (2020). <i>Geografía e Historia</i> . Editorial SM.
3º ESO	Anaya	Burgos, M. y Muñoz, M.C. (2020). <i>Geografía e Historia</i> . Proyecto “Aprender en crecer en conexión”. Madrid: Anaya.
	Santillana	Grence, T. (2015). <i>Geografía</i> . Picanya, Valencia: Edicions Voramar.
	SM	Buzo, I., Tébar, J., Fernández, V., De la Mata, A. y Mesegar, M. (2020). <i>Geografía e Historia</i> . Editorial SM.
2º Bachillerato	Anaya	Muñoz, M ^a C. (2020). <i>Geografía</i> . Proyecto “Aprender es crecer en conexión”. Madrid: Anaya.
	Santillana	Grence, T. (2016). <i>Geografía</i> . Picanya, Valencia: Edicions Voramar.
	SM	Méndez, R., Gutiérrez, J., Olcina, J. y Pérez, E. (2020). <i>Geografía</i> . Editorial SM.

Elaboración propia

Para la mejor comprensión de la temática de los riesgos climáticos y del cambio climático como proceso incentivador de la intensidad y frecuencia de estos, es necesario que el profesorado consulte informes sobre cambio climático y portales web —Adaptecca; AEMET; Oficina de Cambio Climático de Cataluña; Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, [CEAM]— que se han especializado en esta cuestión; asimismo, estos organismos meteorológicos o ambientales oficiales, ofrecen información sobre fenómenos y procesos atmosféricos en sus redes sociales —Twitter y Facebook, básicamente— de interés para su empleo en el aula. El Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2020) dispone también de materiales interesantes para el planteamiento de prácticas en el aula en cuestiones del medio físico español que incluyen aspectos de riesgos naturales (ver Anexo I).

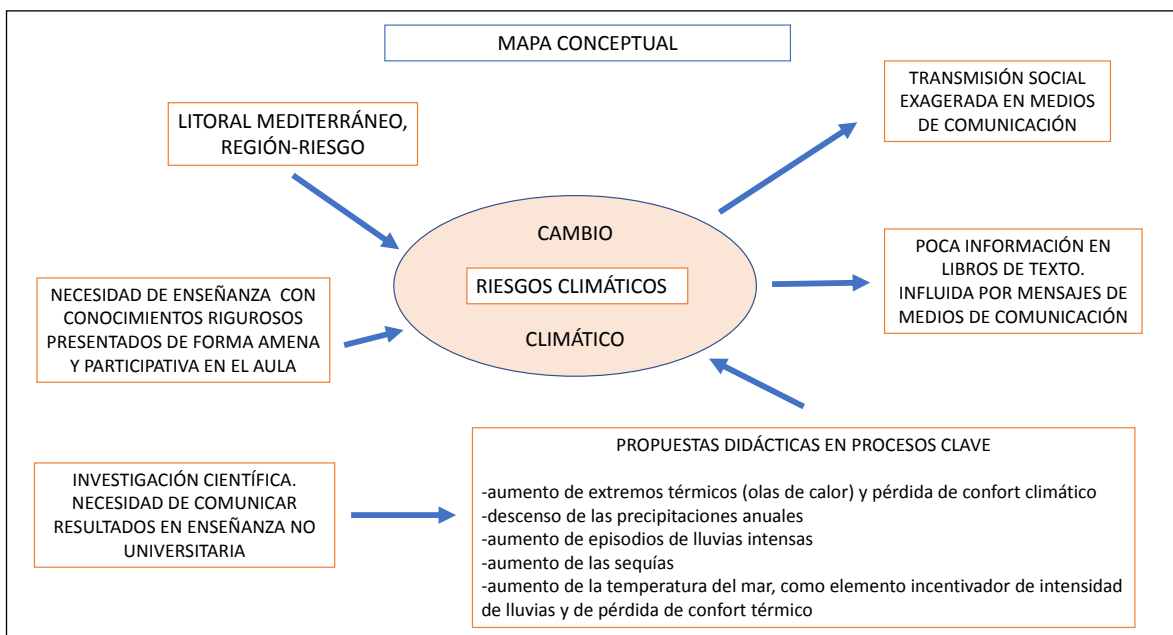
3. Resultados: propuestas para el tratamiento de los riesgos atmosféricos en el aula (ESO y Bachillerato) en el litoral mediterráneo

Para la enseñanza de los riesgos climáticos en el aula resulta de interés señalar las cuestiones atmosféricas clave que se están desarrollando de forma anómala en las últimas décadas en el litoral mediterráneo (Gil y Olcina, 2021). Estas tienen el objetivo de presentar la realidad de los datos que avalan estos procesos y comparar su presentación con las informaciones que se difunden tanto en los manuales, como en los medios de comunicación a fin de señalar los aciertos y errores. Todo ello con el fin de presentar unas propuestas sencillas para la enseñanza de los extremos atmosféricos en el aula que estén avaladas por los datos y el rigor de los análisis, incluidas en las últimas investigaciones realizadas por la disciplina geográfica desde la climatología, hidrografía o el propio análisis territorial de procesos. Ver la Figura 1 para analizar las cuestiones clave a tratar en el aula.

Es cierto que estos procesos, que se abordan de forma general para el conjunto del litoral mediterráneo, presentan matices comarcales o locales. Pero en los niveles de enseñanza no universitarios es necesario ofrecer una visión general que permitan extraer ideas claras y que realmente estén avaladas por los datos. De esta manera, el alumnado no perderá la atención en matices y cuestiones puntuales que pueden derivar en la falta de comprensión y de interés. No obstante, el profesorado debe ser conocedor de estas

peculiaridades territoriales que, especialmente en Bachillerato, pueden contribuir a abrir inquietudes de conocimiento que posibilitarán orientar el futuro académico o laboral del alumnado.

Figura 1. Cuestiones clave para tratar los riesgos climáticos en la enseñanza de la ESO y Bachillerato

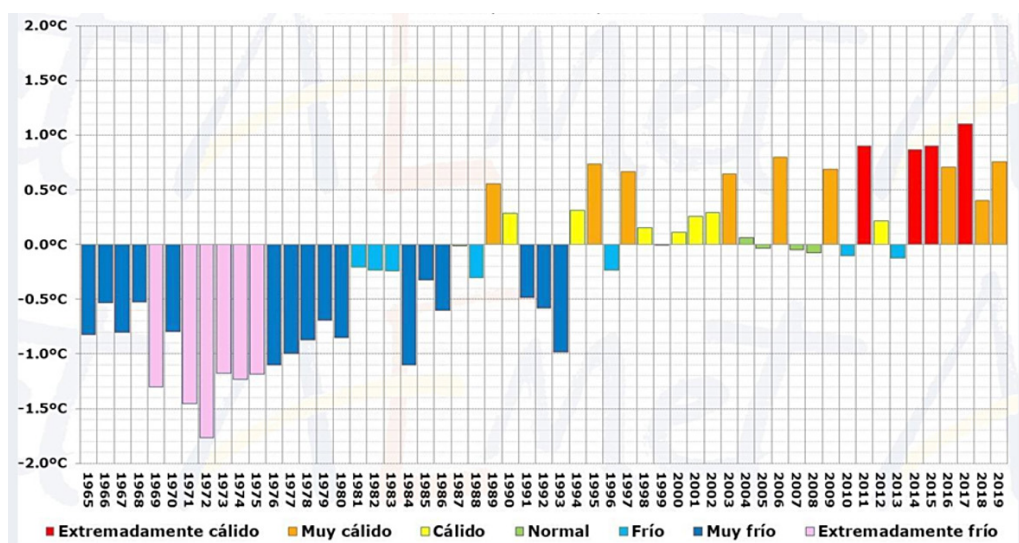


Elaboración propia

3.1. Aumento de extremos térmicos (olas de calor) y pérdida de confort climático

Uno de los aspectos más destacados que se está registrando en el litoral mediterráneo como efecto del proceso de calentamiento climático junto a la subida de temperaturas medias, es el aumento de extremos térmicos —episodios de olas de calor—, y la pérdida de confort térmico, especialmente por la noche, con la proliferación de las denominadas “noches tropicales” — $t^a >20^{\circ}\text{C}$ —. En el conjunto de observatorios del mediterráneo (desde Cataluña a las provincias mediterráneas andaluzas), el incremento de la temperatura media ha sido de $0,8^{\circ}\text{C}$ en el último siglo, con un aumento muy notable desde 1980 (Figura 2).

Figura 2. Anomalía de temperatura media en España (1965-2019)

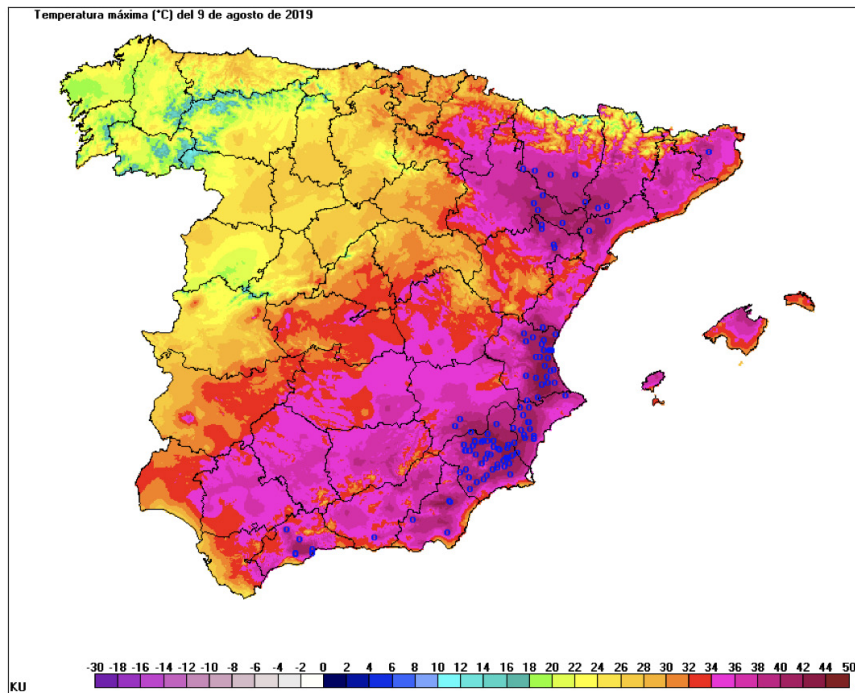


Nota: la anomalía de los datos hace referencia al periodo internacional 1981-2010

Fuente: AEMET (2020)

La estación de verano es la que más ha experimentado el efecto de este aumento (Figura 3). Junto a la tendencia de incremento progresivo de las temperaturas medias anuales, también destaca la intensificación en la frecuencia de desarrollo e intensidad de las “olas de calor” registradas en el litoral mediterráneo desde 2000 (AEMET, 2020). Resulta curioso señalar que se baten récords de temperatura máxima como ocurre en otras áreas del sur peninsular (valle del Guadalquivir), y se registre una mayor duración de estos episodios, con jornadas de calor elevado y prolongado cuando tiene lugar la llegada de aire sahariano a las latitudes mediterráneas (AEMET, 2020). La combinación de altas temperaturas y elevada humedad relativa en las ciudades costeras mediterráneas aumenta, además, la sensación de “bochorno” (AEMET, 2019).

Figura 3. Episodio de ola de calor en el litoral mediterráneo (agosto de 2019)



Fuente: AEMET (2019)

Por su parte, la pérdida de confort térmico en esta región ha sido debido al aumento de las denominadas “noches tropicales”, en las que el termómetro no baja de 20° C durante la noche. Desde 1970 hasta la actualidad, el número de estas, en muchas ciudades mediterráneas, se ha triplicado, pasando de 20 noches tropicales/año a unas 60 o 70 (ver Tabla 3). También, desde el año 2000 se ha observado un incremento de estos episodios en las que el termómetro no desciende de 25° C —“noches ecuatoriales” —, e incluso ya se ha dado alguna jornada en la que la temperatura mínima diaria no ha bajado de los 29-30°C en localidades del litoral mediterráneo español —p.e. 28/07/2015 o 01/08/2017— (Villena, 2 de agosto de 2017).

En cuanto a los manuales escolares de ESO y Bachillerato analizados, estos hacen mención del incremento de temperaturas registrado en las últimas décadas en el marco del proceso global de calentamiento térmico planetario. Pero, no detallan la especificidad que registra en la cuenca del Mediterráneo, con eventos extremos de calor más frecuentes e intensos y pérdida de confort térmico nocturno —“noches tropicales”—. Algunos textos —3° ESO— incluyen la explicación del fenómeno de la “isla de calor”, que no se relaciona directamente con el proceso analizado, pero permite conocer la alteración que imprimen las tramas urbanas sobre las temperaturas. Por su parte, los medios de comunicación destacan la parte extrema, en valores térmicos registrados y efectos en la salud, de las olas de calor. Se publican con reiteración imágenes de termómetros urbanos instalados en el centro de las ciudades destacando aquellos valores “espectaculares”, sin tener en cuenta de que estos medidores proporcionan registros no rigurosos ni homologables a efectos científicos. Asimismo, las “noches tropicales” han cobrado protagonismo en las noticias de prensa de los últimos años, especialmente en los meses de verano, al convertirse en un proceso de pérdida del confort climático y, también, en los efectos en la salud en grupos de población de riesgo —p.e. “Las noches tropicales se cuadruplican en los últimos años”— (Efe, 23 de agosto de 2018).

Tabla 3. Pérdida del “confort climático” en ciudades del litoral mediterráneo español. Nº de noches “tropicales” ($\geq 20^{\circ}\text{C}$) y “ecuatoriales” ($\geq 25^{\circ}\text{C}$) por decenios (1940-2020)

Decenio	Noches tropicales		Noches ecuatoriales	
	Alicante	Valencia	Alicante	Valencia
1940-1950	5	3	1	1
1950-1960	6	0	2	0
1960-1970	4	5	1	0
1970-1980	2	13	0	1
1980-1990	14	28	5	4
1990-2000	24	59	2	12
2000-2010	65	102	12	21
2010-2020	74	128	22	40

Fuente: AEMET (2020); Núñez (3 de julio de 2020). Elaboración propia

Ambos fenómenos deben explicarse en el aula a partir de los numerosos recursos gráficos y de datos que se pueden obtener en las webs de la AEMET o de redes de observación de aficionados a la Meteorología, muy prodigas en el litoral mediterráneo español (*Associació Valenciana de Meteorologia* [AVAMET], Asociación Meteorológica del Sureste [AMETSE], etc.). En la Tabla 4 se reúnen los criterios de evaluación, actividades y estándares de aprendizaje evaluables para la explicación en el aula de estos dos procesos relacionados con la manifestación extrema de las temperaturas y la pérdida de confort por efecto del calentamiento climático.

Tabla 4. Actividades propuestas para la enseñanza de extremos térmicos y “noches tropicales” (ESO y Bachillerato)

	ESO	Bachillerato
Criterios de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender el funcionamiento de las olas de calor y sus efectos en las temperaturas registradas. - Entender la necesidad de discriminar las informaciones sobre jornadas de calor intenso en los medios de comunicación —imágenes termómetros de la calle— y la realidad científica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender la importancia de las olas de calor en España y en el litoral mediterráneo y el incremento de estos episodios en las últimas décadas en el contexto del cambio climático actual. - Comprender la importancia de la pérdida de confort en las temperaturas y las actuaciones llevadas a cabo en España para reducir los efectos del calor nocturno. - Valorar si estas actuaciones están en consonancia con las medidas para la reducción del consumo energético en el marco del cambio climático.
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Comentario de gráficas proporcionadas por el profesorado sobre incremento de olas de calor y duración de las mismas —recursos en la AEMET—. - Comentario de gráficas proporcionadas por el profesorado sobre aumento de noches tropicales —recursos en la AEMET—. - Explicación en aula del error que supone hacer caso a las temperaturas que ofrecen los paneles informativos instalados en las ciudades, al proporcionar medidas por exceso que no son las reales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de gráficas con datos térmicos (t° máximas) en una localidad para un periodo de análisis internacional —mínimo de 30 años de datos como aconseja la Organización Meteorológica Mundial—. - Explicación en aula de la relación existente entre temperaturas y humedad, para calibrar la diferente sensación de calor en una localidad litoral y una de interior. - Elaboración de gráficas con la evolución de las temperaturas mínimas en localidades de costa del litoral mediterráneo español. - Búsqueda de noticias y datos en la red sobre instalación de aire acondicionado en España en las últimas décadas. Lo que se busca es que se compruebe como la pérdida del confort térmico en verano ha propiciado la proliferación de aparatos de aire acondicionado en los hogares, en la franja costera principalmente, hecho que en las décadas de 1970 o 1980 no sucedía. - Comentario de informes oficiales sobre evolución térmica en la cuenca del Mediterráneo o España (IPCC, AEMET), así como en blog de información meteorológica (Meteored, Aemetblog).

Estándares de aprendizaje evaluables	- Distingue e interpreta una ola de calor en una gráfica de temperatura máxima de un año para una localidad.	- Conocer la importancia de las olas de calor y su impacto en las actividades económicas y la salud humana en España.
	- Valora, a partir de su experiencia, la pérdida de confort térmico por el mayor calor nocturno en el litoral mediterráneo.	- Valorar el proceso actual de pérdida de confort térmico en el sector turístico y las soluciones desarrolladas para reducir sus efectos.
	- Interpretay discriminalainformación proporcionada por los medios de comunicación.	- Interpretar si son adecuadas o no las medidas implementadas en España para la reducción del consumo energético como actuaciones para adaptarse al cambio climático.

Nota: para el caso de la ESO es el propio profesorado el que debe adaptar las actividades en función de la edad del alumnado (1º o 3º de ESO)

Elaboración propia

3.2. Descenso de precipitaciones anuales e incremento de episodios de lluvias intensas

El calentamiento climático actual está modificando la manera de llover que se manifiesta en: 1) cambios en la cuantía, con una evolución a la disminución del volumen anual en todas las regiones españolas —a excepción de la cornisa cantábrica—, donde esta tendencia no se aprecia (CEDEX, 2017); 2) cambios en la estacionalidad, proceso que se constata principalmente en la mitad este peninsular, donde se observa un descenso de las precipitaciones en primavera y un incremento de estas en los meses otoñales desde 1980 (De Luis *et al.*, 2010; González, López, Stepanek, Martín-Vide y De Luis, 2009); 3) cambios en la intensidad de las lluvias, muy notable en el mediterráneo español, donde se registran, en los últimos años, tormentas de alta intensidad horaria —más de 60 mm/hora—, generando graves problemas de inundación (Monjo y Martín-Vide, 2016; Serrano, 2017). Aunque pueda parecer contradictorio, la evolución de las precipitaciones en el litoral mediterráneo tiende a disminuir, aunque no de forma uniforme en todo este conjunto regional y con ámbitos donde incluso puede aumentar la cuantía anual —sur de Valencia y norte de Alicante—, y a desarrollarse en menos días con episodios de tormenta intensa y concentrada en el tiempo; y 4) descenso de las precipitaciones en forma de nieve (Morán *et al.*, 2012). Es un proceso general en todo el hemisferio norte, en el que la Península Ibérica no es una excepción, donde las superficies heladas de montaña han sufrido un descenso muy significativo.

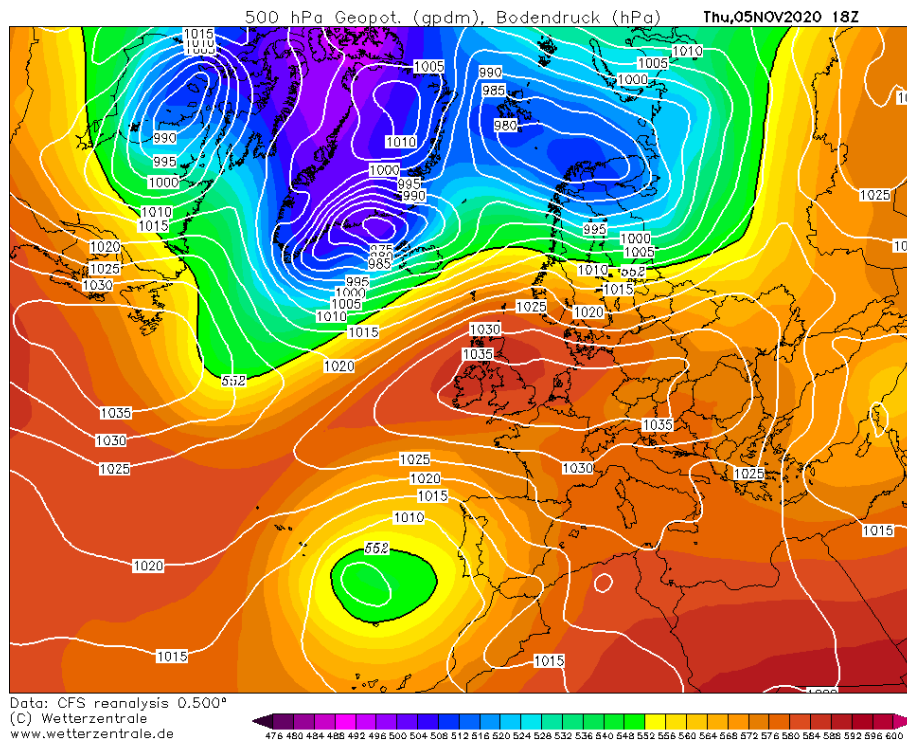
En vinculación con estos procesos se ha constatado un incremento de la frecuencia de configuraciones ondulatorias de la circulación atmosférica en las capas altas de la atmósfera que estaría en el origen de estas alteraciones observadas en las precipitaciones de latitudes medias (Figura 4). Desde principios del siglo XXI se ha registrado que las precipitaciones de origen convectivo, con la instalación de “gotas frías” en capas medias-altas de la troposfera, tienen mayor protagonismo sinóptico, frente a las de tipo frontal de origen atlántico. Esto indica que se están desarrollando cambios en la circulación atmosférica. Cada vez son más numerosos los trabajos (Muñoz *et al.*, 2020) que indican que la pérdida de velocidad de la corriente en chorro polar del hemisferio norte está originando un notable aumento de episodios extremos en latitudes medias. Esto estaría provocado por el registro de un menor gradiente térmico entre las franjas de latitud como consecuencia del calentamiento global, que se traduciría en una reducción de la velocidad de la corriente en chorro.

En Europa, teniendo como referencia el nivel de los 200 hPa, el número de DANAs al año —entre el periodo 1960-1990— se ha mantenido estable, con alrededor de 30 episodios/año. No obstante, a partir de 1990 se ha registrado un aumento considerable, rondando actualmente los 35-40 eventos. Una de estas causas parece ser el proceso actual de calentamiento térmico planetario, porque se ha constatado que la corriente en chorro se ha ido desplazando hacia los polos, al igual que la célula de Hadley y la zona de convergencia intertropical; sin olvidar la contracción del vórtice polar y el enfriamiento de la estratosfera. Con un jet más ondulado se suceden bloqueos que favorecen la aparición de ramales subtropicales y polares más débiles, algo muy vinculado con el aumento analizado en Europa en el número de gotas frías. Otras investigaciones (Mann *et al.*, 2018) refuerzan la hipótesis de que los eventos extremos de lluvias de fuerte intensidad horaria, olas de calor y periodos secos son cada vez más habituales y extremos como consecuencia de una corriente en chorro más ondulatoria.

El proceso de disminución general de las precipitaciones se inserta en los manuales relacionándose con procesos de desertización. No se explica, sin embargo, el correcto sentido de este término (“desertización”) —componente humana— ni tampoco las causas complejas, climáticas o pluviométricas, que

conlleven los procesos de erosión. Algunos libros de texto incluyen fotografías de cárcavas sin vegetación, sin caer en la cuenta de que ello es un proceso natural de entornos áridos y con litología blanda, sin relación directa comprobada en datos científicos con el cambio climático actual.

Figura 4. Situación atmosférica causante de la gota fría del 5 de noviembre de 2020 —temperatura media en 500 hPa—



Nota: esta gota fría causó graves problemas de inundación en el sur de la provincia de Valencia

Fuente: Wetterzentrale (2020)

Por su parte, las inundaciones causadas por lluvias intensas y torrenciales merecen atención detallada debido a su importante impacto en el litoral mediterráneo. Se dedican apartados específicos dentro de epígrafes dedicados a la explicación de las variedades climáticas, dentro del clima mediterráneo, o bien de secciones sobre riesgos naturales —3º ESO—. En 2º de Bachillerato los textos incluyen una explicación más detallada sobre las causas y consecuencias de los riesgos de inundación, en los temas de hidrología de España o en apartados específicos sobre riesgos naturales en las regiones españolas.

En cuanto a los medios de comunicación, estos han encontrado en este tema una fuente habitual de noticias, tanto por lo que se refiere a la tendencia general de la disminución de precipitaciones como al desarrollo de lluvias intensas. En el litoral mediterráneo las noticias de prensa sobre disminución de las lluvias se vinculan, directamente, con los efectos del proceso de desertificación-deforestación que se presenta, erróneamente, como consecuencia directa del cambio climático —p.e. “Alicante, Murcia, Almería y Canarias se enfrentan a una brusca desertización” — (Díaz, 13 de febrero de 2020) y con la pérdida de recursos hídricos necesarios para la satisfacción de las demandas existentes, en el presente y en el futuro —p.e. “Así afectará el cambio climático a España: pobres en agua y con más enfermedades” — (Rodríguez, 11 de octubre de 2019). Por su parte, los episodios de lluvia intensa que ocasionan problemas de inundación se presentan, asimismo, como consecuencia del cambio climático —p.e. “El cambio climático ha modificado el patrón de las inundaciones en Europa” — (Herrero, 28 de septiembre de 2019). No faltan, de forma incomprensible, titulares que hacen culpable a las lluvias de los problemas de inundaciones, sin profundizar en las causas reales (humanas) de los desastres —p.e. “Al menos doce muertos en municipios de Mallorca tras las inundaciones por las tormentas” — (Aguiló, 11 de octubre de 2018).

La explicación de los cambios experimentados en las precipitaciones en el litoral mediterráneo español puede contemplar las siguientes actividades didácticas en los cursos de ESO y Bachillerato que incluyen asignaturas de Geografía o temáticas ambientales (Tabla 5).

Tabla 5. Actividades propuestas para la enseñanza de los cambios registrados en la precipitación en el litoral mediterráneo (ESO y Bachillerato)

	ESO	Bachillerato
Criterios de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer cuál ha sido la tendencia del registro de precipitación anual en un observatorio climatológico determinado en las últimas décadas (AEMET). - Analizar la evolución de los registros de episodios de lluvias de fuerte intensidad horaria —más de 60 mm/hora— para el observatorio elegido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer cuál ha sido la tendencia del registro de precipitación anual de los principales observatorios del mediterráneo español en las últimas décadas (AEMET). - Analizar la evolución de los registros de episodios de lluvias de fuerte intensidad horaria —más de 60 mm/hora— en estos observatorios. - Contrastar, con estos últimos datos, los principales episodios de inundaciones registrados en la vertiente mediterránea española en las últimas décadas con la consulta de noticias en prensa y en redes sociales de organismos oficiales (AEMET, AVAMET)
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Comentario de gráficas sobre la precipitación recogida anual y realización de gráficas de tendencia. Posteriormente, el alumnado debe comentar y describir dicha tendencia y calcular, por ejemplo, el porcentaje de variación —positiva, estable, negativa— entre décadas. - Comentario de gráficas sobre el volumen de precipitación recogida para los episodios de más de 60 mm/horas y realización de gráficas de tendencia. Posteriormente, el alumnado debe comentar y describir dicha tendencia y calcular, por ejemplo, el porcentaje de variación —positiva, estable, negativa— entre décadas. - Proyección de videos sobre precipitaciones intensas y crecidas fluviales súbitas —descargas gratuitas en internet y redes sociales—. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de la tendencia de la precipitación anual registrada en los principales observatorios de la fachada mediterránea. - Interpretación y contraste de la información sobre las causas y consecuencias acaecidas de los principales episodios de lluvias intensas en el mediterráneo español a partir de los registros de días de lluvia de más de 60 mm/hora y las noticias de prensa. - Proyección de videos sobre el funcionamiento del Parque Inundable La Marjal de la ciudad de Alicante —internet y redes sociales—.
Estándares de aprendizaje evaluables	<ul style="list-style-type: none"> - Conoce la evolución del registro de precipitación anual de un observatorio determinado. - Comprende la tendencia producida respecto a los episodios de más de 60 mm/hora en el observatorio seleccionado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconoce y contrasta la evolución de la precipitación anual registrada en las últimas décadas entre los principales observatorios de la fachada mediterránea española. - Identifica cuáles han sido los principales episodios de inundación en el mediterráneo español a partir de los registros de más de 60 mm/hora y las noticias de prensa.

Nota: para el caso de la ESO es el propio profesorado el que debe adaptar las actividades en función de la edad del alumnado (1º o 3º de ESO)

Elaboración propia

3.3. Incremento e intensidad de los episodios de sequías

En relación con los periodos de sequías, los trabajos indican la existencia de un incremento de estos eventos (Cramer *et al.*, 2018). Sin embargo, lo que se observa hasta el momento es que desde inicios del siglo XXI se están desarrollando periodos más intensos y cortos, pero, como indican Olcina y Biener (2019) no largos episodios como los que tuvieron lugar en segunda mitad del siglo XX. Este hecho reforzaría la idea indicada con anterioridad de un mayor dinamismo de la corriente en chorro en las latitudes medias del hemisferio norte, con expansiones más habituales de masas frías derivadas del deshielo del Ártico hacia latitudes inferiores. Este hecho provocaría que no se podrían consolidar las fases persistentes con dorsal anticiclónica que caracterizan las largas secuencias de sequía en el este peninsular.

Una de las cuestiones que se debería explicar correctamente es la definición de sequía (Tabla 6). En los libros de texto se simplifica en exceso las causas y tipologías de estas que se desarrollan en España. Se habla de “sequía” como un fenómeno que genera una disminución temporal de las precipitaciones, pero no se explican las causas —atmosféricas y humanas—, ni los umbrales pluviométricos que permiten definirla, ni los diferentes efectos en el territorio español, así como las soluciones posibles. Aspecto este

último que se presta a debate y actividades en el aula especialmente de 2º de Bachillerato. Se vincula de forma unívoca a la sequía con la “desertización”, como proceso que favorece los procesos de transformación del medio en “desierto”. También, cabe advertir que la evolución reciente de los episodios de sequía —cortos e intensos— no se aborda en las publicaciones recientes de los manuales.

Tabla 6. Actividades propuestas para la enseñanza de la sequía en el litoral mediterráneo (ESO y Bachillerato)

	ESO	Bachillerato
Criterios de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender que la sequía es un fenómeno natural característico del clima mediterráneo. - Presentar la diferencia entre “sequía” —coyuntural— y procesos erosivos o de desertificación —estructural—. - Analizar la evolución de los periodos de sequía acaecidos en un observatorio determinado en las últimas décadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer la definición de sequía y la diferencia entre sequía pluviométrica e hidrológica. - Conocer las principales medidas de adaptación a la sequía que se están implementando en España, desde la gestión de la demanda y oferta de agua.
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Comentario sobre gráficas de la evolución del volumen de precipitación anual en las últimas décadas en un observatorio próximo. - Análisis de noticias de prensa sobre las consecuencias de las principales sequías acaecidas en la Península Ibérica en las últimas décadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividad en el que alumnado debe analizar y describir el registro de precipitación anual de los principales observatorios del mediterráneo español entre los periodos 1991-1995 y 2014-2018. - Búsqueda de noticias de prensa para analizar las consecuencias de estos dos periodos en la región mediterránea, y las medidas implementadas para hacer frente a este riesgo. - Búsqueda de datos e informes en redes sociales de organismos oficiales sobre las sequías y su evolución reciente en España (AEMET, CEDEX).
Estándares de aprendizaje evaluables	<ul style="list-style-type: none"> - Conoce la tendencia de los periodos de sequía durante las últimas décadas en un observatorio determinado. - Comprende que la sequía es un fenómeno natural y característico del clima mediterráneo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Interpreta que la sequía, aparte de ser un fenómeno natural, también se está agravando tanto por causas humanas —demandas de agua, sobreexplotación de recursos hídricos durante situaciones de sequía, etc.—, como también por la evolución del clima —mayor frecuencia e intensidad—. - Valora el grado de adaptación de la región mediterránea española en las últimas décadas para hacer frente al riesgo de sequía.

Nota: para el caso de la ESO es el propio profesorado el que debe adaptar las actividades en función de la edad del alumnado (1º o 3º de ESO)

Elaboración propia

En cuanto a la definición, diferentes trabajos académicos establecen explicaciones sencillas que podrían complementar la información del manual escolar. Por ejemplo, Wilhite (2000) explica que la sequía es un fenómeno natural que se traduce en una anomalía transitoria con valores de precipitación inferior a lo normal en un área determinada durante una secuencia de tiempo prolongada. Según La Calle (2007) este fenómeno es una situación de escasez originada por una disminución de la cantidad de lluvia de intensidad y duración inusual —“sequía pluviométrica” —, hecho que no tiene que confundirse con los conceptos de aridez o escasez habitual y natural de determinadas áreas o la carencia motivada por la explotación humana de recursos hídricos —“sequía hidrológica” —. Esta última explicación es determinante ya que tradicionalmente se suele confundir “escasez de agua” y “aridez” con sequía, y también se suele asociar este fenómeno con regiones donde las lluvias son reducidas. Para llevar a cabo una explicación correcta cabe tener en cuenta que: 1) puede haber áreas semiáridas, pero sin escasez de recursos hídricos. Ello dependerá de las características de los abastecimientos —oferta y demanda—; y 2) regiones de climas húmedos con escasez coyuntural de recursos hídricos debido al aumento de las demandas y/o mal uso y despilfarro de agua coincidiendo con periodos de escasez de precipitaciones.

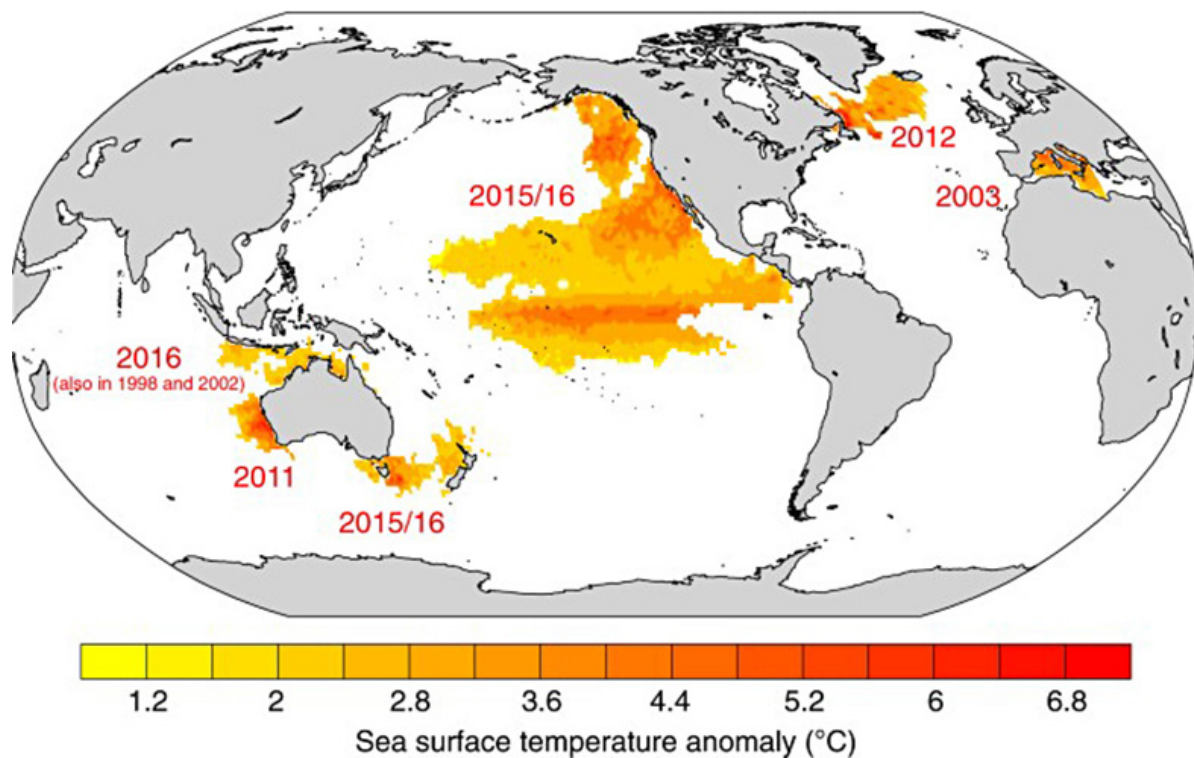
Los medios de comunicación presentan la sequía como un problema para el abastecimiento y suministro, especialmente para la agricultura ya que es la actividad más afectada por este peligro atmosférico:

“Cerca de 36.000 hectáreas de cultivo de Alicante amenazados por la sequía” (Benito, 13 de noviembre de 2017). Cuando la sequía es intensa y duradera, y causa problemas en el abastecimiento urbano de agua, los titulares de prensa cobran protagonismo como noticia principal, por el importante impacto que puede tener para el turismo: “La Marina Baixa pide al Júcar un trasvase de emergencia” (Pagés, 16 de marzo de 2016). Se abusa, por lo común, de imágenes de suelos cuarteados causados por la falta de humedad, relacionando estos episodios coyunturales con procesos estructurales como la erosión: “¿En 2050 será la Comunidad Valenciana un desierto?” (Villena, 31 de agosto de 2019).

3.4. Aumento de la temperatura del mar Mediterráneo, elemento incentivador de la intensidad de las lluvias y de la pérdida de confort térmico

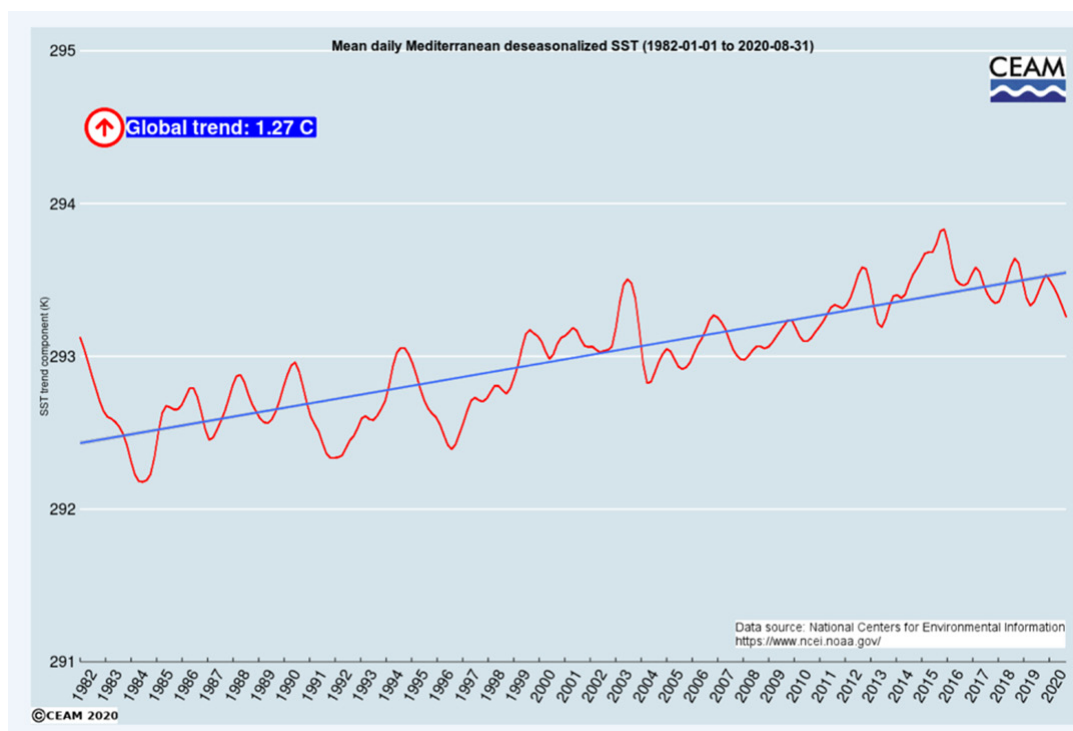
En las últimas décadas, el mar Mediterráneo ha experimentado un calentamiento de sus aguas en toda su cuenca, pero de modo particular en sus extremos oriental y occidental (Figura 5 y 6). En las costas españolas ha dado como resultado un incremento notablemente significativo en el Mediterráneo occidental. Este aumento ronda los 1,3°C por término medio desde 1980. En estos sectores, el Mediterráneo está más cálido que hace tres/cuatro décadas, en un proceso de acumulación de calor, concretamente a partir de finales de primavera —mayo-junio— y extendiéndose en verano hasta bien entrado el otoño —octubre y comienzos de noviembre—. Resulta muy destacable que desde el año 2000 se han observado registros de 29-30°C en el ecuador del verano en las aguas próximas a las Islas Baleares y Argelia. Esto último repercute sobre el clima de esta región: un mar más cálido favorece el incremento de las noches tropicales en la costa (Pastor *et al.*, 2020). Esto se debe a que la temperatura del aire no puede descender al encontrarse una masa de agua tan cálida frente al litoral, mientras que por el día las brisas pueden contribuir a incrementar la sensación de bochorno, concretamente en días en que la temperatura del Mediterráneo alcanza o supera los 28°C en la costa, porque el mar transmite el calor y la humedad al aire situado por encima de él. Además, el calor sensible acumulado en la cuenca marina se transfiere, en forma de calor latente, en los procesos de condensación. Ello implica que esté cambiando la forma de llover en esta parte de la península —mayor intensidad horaria— y que el calendario de precipitaciones de fuerte intensidad horaria se extienda a otras épocas del año.

Figura 5. Calentamiento de las cuencas marinas del planeta Tierra (1982-2016)



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA] (2020)

Figura 6. Incremento de la temperatura superficial marina del Mediterráneo Occidental (1982-2020)



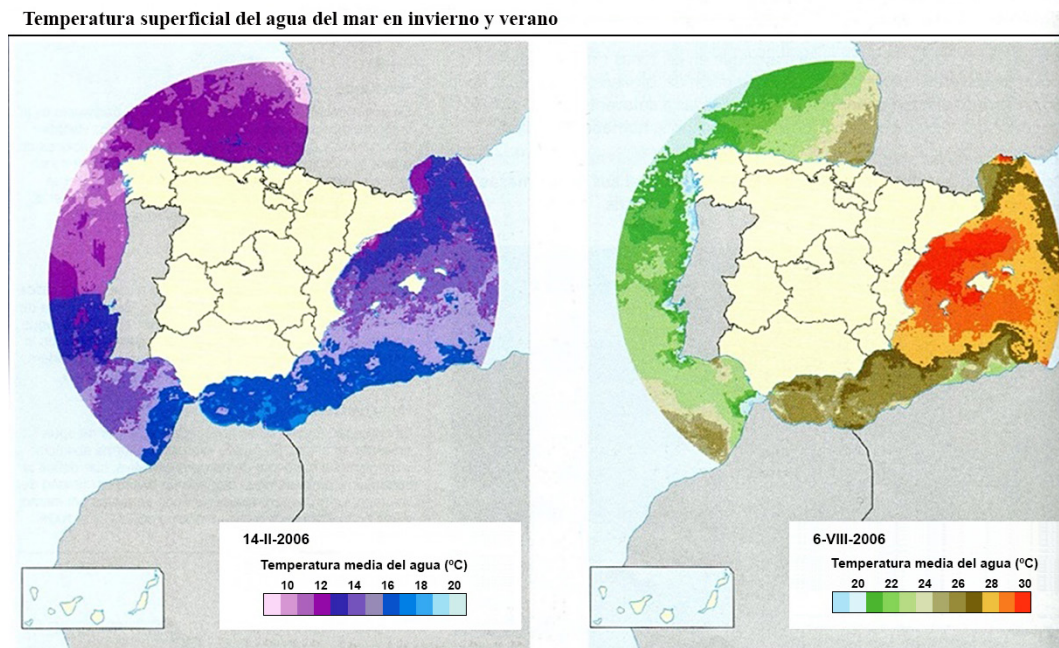
Fuente: CEAM (2020)

En el sector occidental de la cuenca mediterránea, los datos facilitados por Pastor *et al.* (2020) muestran un calentamiento de 1,3 °C entre 1982 y 2019. Este hecho repercute en que el calor acumulado en el Mediterráneo sea superior al propio calentamiento experimentado en el aire y registrado en los observatorios costeros. Esa temperatura mayor del mar implica un factor de riesgo ante posibles episodios de inestabilidad vinculadas a procesos de “gota fría” puesto que favorece el desarrollo de nubes más cargadas de humedad y de efectos en forma de lluvias más intensas, con un calendario que se extiende a lo largo de todo el año. Asimismo, estas temperaturas elevadas del agua estarían en el origen del incremento señalado de las noches tropicales en el litoral mediterráneo puesto que el aire no llega a perder tanta temperatura al encontrar un “colchón” de aguas cálidas frente a la costa.

Las noticias que se editan en los medios de comunicación sobre esta cuestión están orientadas a destacar la relación de este aumento térmico, bien señalando el proceso en el marco del cambio climático actual: “La temperatura del mar aumentó 0,8° en la costa de Alicante este invierno” (Benito, 10 de junio de 2019); “Temperatura del mar Mediterráneo preocupante” (Olcina, 21 de septiembre de 2020) o bien en relación con la proliferación estacional de especies invasoras —especialmente plagas de medusas— en las playas del litoral mediterráneo, cuando este proceso tiene más causas que la exclusiva del valor térmico del agua del mar —p.e. “Medusas por encima de la media en el 10% de las playas del Mediterráneo” — (Bueno, 31 de julio de 2017) o “Drones y redes en el agua contra la carabela portuguesa” (Pascual, Alberola y Benito, 23 de mayo de 2018).

Los manuales de ESO y Bachillerato no recogen esta cuestión importante que está en la base de otros procesos climáticos que están experimentando alteraciones en los últimos años en el litoral mediterráneo. Tan sólo un proyecto educativo —editorial SM— incluye la referencia al cambio que experimenta la temperatura del agua del mar a lo largo del año (Figura 7), pero no hay alusión, como se ha señalado, al proceso de calentamiento en los mares ribereños a la Península Ibérica, y especialmente en el Mediterráneo occidental. De ahí la necesidad de incluirlo como materia a explicar en el aula. La Tabla 7 reúne las actividades, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables que se proponen para la explicación en el aula del proceso de calentamiento que experimenta el mar Mediterráneo en las últimas décadas y que supone un incentivo para el desarrollo de eventos extremos de precipitación y temperaturas en esta región.

Figura 7. Temperatura del agua del mar en los libros de texto (2º Bachillerato; editorial SM)



Fuente: Méndez *et al.* (2020)

Tabla 7. Actividades propuestas en la enseñanza del proceso de calentamiento del mar Mediterráneo (ESO y Bachillerato)

	ESO	Bachillerato
Criterios de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender que el proceso de calentamiento climático no sólo tiene efectos en el aire. - Concienciar de los efectos que tiene el calentamiento del agua del mar en los elementos climáticos —temperatura y precipitación—. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprobar la importancia del calentamiento del mar Mediterráneo en el contexto mundial. - Valorar la sensación de aumento de la temperatura del mar Mediterráneo a partir de sus experiencias —temporada turística, baños en la playa—.
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar mapa mundial de efectos del calentamiento climático en los océanos. Puesta en común en el aula para localizar las áreas planetarias más afectadas. - Explicación sencilla de los efectos en las temperaturas de las ciudades costeras del incremento térmico del agua del mar. - Explicación sencilla de los efectos del incremento de temperaturas del agua del mar en la formación de nubes —olla calentada al fuego y el vapor que se genera—. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consulta de informes sobre incremento de temperaturas de los océanos (IPCC) y específicamente del mar Mediterráneo (CEAM y AEMET), tanto en las webs como en las redes sociales oficiales de estos organismos. - Debate en el aula sobre la sensación de prolongación del verano y su relación con las temperaturas del agua del mar. - Visualización de algún documental sobre la invasión de especies de fauna y flora en las aguas del litoral mediterráneo.
Estándares de aprendizaje evaluables	<ul style="list-style-type: none"> - Distingue entre el aumento de temperatura del aire y del agua. - Localiza las áreas mundiales con mayor incremento de temperatura oceánica y sabe relacionar con episodios meteorológicos extremos ocurridos en los últimos años —huracanes, tormentas—. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprueba la relación entre aumento de temperatura del mar y efectos en la actividad turística en el litoral mediterráneo —aumento temporada turística—. - Valora los efectos de la subida de temperatura marina en el medio marino —cambios en especies—.

Nota: para el caso de la ESO es el propio profesorado el que debe adaptar las actividades en función de la edad del alumnado (1º o 3º de ESO)

Elaboración propia

4. Discusión

Con este trabajo se han planteado diferentes propuestas para tratar los riesgos atmosféricos en la Geografía escolar —Educación Secundaria y Bachillerato—. Se han analizado cinco procesos de

manifestación de extremos atmosféricos en el litoral mediterráneo español, como región que ya experimenta en sus elementos climáticos el efecto del calentamiento climático planetario. Para su explicación en el aula se han propuesto una serie de actividades evaluables que persiguen objetivos de aprendizaje concretos y que pueden adaptarse a diferentes ámbitos de estudio.

Con la puesta en práctica y posible adaptación de estas actividades se mejoraría la explicación de los riesgos climáticos en el aula, como materia de interés en los niveles de ESO y Bachillerato y, de este modo, contribuir a la mejor formación de ciudadanos/as que viven en áreas con riesgo natural como estrategia útil para la reducción de la vulnerabilidad y la exposición. Y ello debido a una amalgama de problemas vinculados con el tratamiento de estos fenómenos en la Geografía escolar: 1) escaso rigor científico, información y excesivo catastrofismo de los manuales de Ciencias Sociales y/o Geografía (Morote y Olcina, 2020). En cuanto a estos recursos, a pesar de que su uso ha menguado en los últimos años, continúan presentando un rol omnisciente en la práctica escolar y es algo que no se verá alterado con la introducción de soportes digitales nuevos (Bel y Colomer, 2018; Rodríguez y Martínez, 2016); 2) escasa formación del profesorado actual sobre esta temática (Morote y Hernández, 2020; Morote y Souto, 2020) que requeriría del desarrollo de cursos específicos a través de centros de formación de profesorado; 3) influencia de los medios de comunicación sobre estos fenómenos en las representaciones sociales del profesorado (Morote *et al.*, 2021) y en los libros de texto (Morote y Olcina, 2020); y 4) escaso tiempo del que dispone el profesorado en estos niveles educativos, a la hora de plantear actividades problematizadoras y ejercicios diferentes de los que se insertan en los libros de texto.

Morote y Olcina (2020), a partir de un análisis del temario de climatología de los manuales de Ciencias Sociales —Educación Primaria— ya han señalado las carencias y errores que presenta la explicación del cambio climático y sus extremos atmosféricos asociados. Estos autores han comprobado como una de las principales consecuencias de este fenómeno que se aluden son los riesgos naturales —inundaciones y sequías—. Sin embargo, como indican los principales informes sobre cambio climático, este no es la causa directa de estos riesgos, sino que estos serán más frecuentes e intensos en el futuro (IPCC, 2018).

En esta propuesta se ha optado por presentar cinco episodios atmosféricos o atmosférico-oceánicos que presentan un comportamiento anómalo en las últimas décadas en estrecha relación con el proceso de calentamiento climático. Son procesos que merecen su explicación en el aula, en los niveles educativos no universitarios, debido al interés que debe tener el conocimiento de los riesgos climáticos para el mejor funcionamiento de la sociedad, especialmente en el ámbito mediterráneo en las próximas décadas. La presentación en el aula de estos episodios se orienta principalmente a la explicación de la peligrosidad de los mismos, pero sin olvidar los efectos socioeconómicos y territoriales que conllevan (vulnerabilidad y exposición). Se trata de ofrecer, en cada nivel, una visión integral del riesgo a partir de la realización de actividades en el aula (Tabla 8).

Una cuestión clave para entender los riesgos naturales es la incorporación del factor vulnerabilidad —acción del ser humano, exposición, etc.—. Al respecto, Morote y Olcina (2020) han comprobado la ausencia en los manuales escolares de esta variable. En su trabajo, prácticamente, en ningún de los manuales consultados se cita esta variable en el incremento del riesgo, siendo el factor peligrosidad —“cambio del clima”— la principal causa de los desastres naturales. Por su parte, Souto, Morote y García (2019) señalan que en la explicación de las inundaciones en los libros de texto se sigue comentado el esquema clásico y obsoleto del ciclo de erosión de Davis —finales del s. XIX—. Y, además, añaden que prácticamente no aparece ni se relaciona cómo puede afectar la acción antrópica en el régimen natural de los ríos. Esta variable —la vulnerabilidad—, según indican los principales informes sobre los impactos del cambio climático, urge la necesidad de dar un mayor protagonismo a este factor porque es una cuestión de primer orden adaptarse al cambio climático y al previsible aumento en el territorio europeo de los riesgos naturales hasta final del siglo XXI (*European Environment Agency [EEA], 2017; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014*).

El factor vulnerabilidad en las propuestas de actividades aquí planteadas tiene un protagonismo fundamental, concretamente a la hora de relacionar la evolución del clima y las consecuencias que puede tener en el territorio. Las propuestas diseñadas intentan ofrecer materiales y pautas para la explicación de los riesgos atmosféricos, con ánimo de mejorar la formación actual del profesorado sobre este tema. Como afirman Morote y Souto (2020) el deficiente rigor científico de los libros de texto y la escasa formación —en este caso sobre el riesgo de inundación— del profesorado puede repercutir en que no traten esta temática en las aulas y, por otro, que lo hagan con poco rigor. Estos autores han calculado, por ejemplo,

como sólo el 12,1% del futuro profesorado de Educación Primaria afirmó haber recibido algún tipo de formación sobre estos episodios durante su etapa de formación escolar. A estas conclusiones también han llegado otros autores (Morgan, 2012) quienes han comprobado como la mayoría del profesorado no se siente lo suficientemente capacitado para tratar esta temática debido a la escasa formación recibida. En otros trabajos (Morote y Hernández, 2020) se indica que la mayoría del profesorado piensa que los riesgos de inundación son causados por el cambio climático. Además, estos autores ponen de manifiesto una situación preocupante debido a que el futuro profesorado le da un escaso valor al factor educación para mitigar estos fenómenos. Al respecto, estos investigadores han calculado que de manera global, el factor educación alcanza un valor de 3,6 —sobre 5— y en 5º puesto de un total de 6 ítems; mientras que esta cifra se reduce a 2,7 —6º puesto— para aquellos que durante su etapa escolar recibieron formación. No cabe olvidar que la variable educación, es uno de los factores no estructurales más importantes para conseguir una sociedad mejor formada y concienciada sobre estos riesgos y para la adaptación del cambio climático.

Tabla 8. Principales extremos atmosféricos en el litoral mediterráneo y su enseñanza (ESO y Bachillerato)

Extremo atmosférico	Explicación en los libros de texto	Transmisión en los medios de comunicación	Carácter científico del proceso	Curso académico más idóneo para su explicación
Aumento de extremos térmicos (olas de calor) y pérdida de confort climático	Se explica como aspecto perjudicial para el ser humano —olas de calor—; aumento de noches tropicales y ecuatoriales, y la pérdida de confort térmico no se explica.	Se abusa del mensaje catastrofista. Proceso conducente a la “desertización” del territorio.	Proceso comprobado por los datos de temperatura.	1º ESO 3º ESO 2º Bach.
Descenso de precipitaciones anuales y del número de días de lluvia al año	Se explica como proceso conducente a la desertización.	Se presenta como proceso conducente a una “desertización” del territorio.	Proceso con matices territoriales. No uniforme en todo el territorio del litoral mediterráneo español. Importante mostrar estas diferencias.	1º ESO 3º ESO 2º Bach.
Incremento de episodios de lluvia intensa	No se explica en los libros de texto analizados.	Se presenta el carácter catastrófico de los efectos ocasionados.	Proceso comprobado con los datos de precipitación.	3º ESO 2º Bach.
Sequias más cortas e intensas	Se explica como proceso conducente a la desertización.	Se abusa del mensaje catastrofista. Proceso conducente a una “desertización” del territorio.	Proceso con muchas incertidumbres. Se han reducido las secuencias largas de sequía. Han aumentado los episodios cortos e intensos.	3º ESO 2º Bach.
Aumento de las temperaturas del agua del mar	Tan sólo se explica, con una imagen, en uno de los libros de texto —SM—. Pero no hay una preocupación por la enseñanza de este proceso.	Se presentan principalmente los efectos biológicos (especies marinas invasoras).	Proceso comprobado con datos oceanográficos.	3º ESO 2º Bach.

Elaboración propia

Respecto al eco de los medios de comunicación en la enseñanza, en la investigación de Morote *et al.* (2021) se ha constatado para el caso del futuro profesorado de Educación Primaria que la información principal que reciben sobre el cambio climático proviene de los medios de comunicación —86,2%; 54,9% corresponde a Internet y el 31,3% a la televisión—, mientras que un dato preocupante es que tan sólo el 5,3% recibe la información a partir de trabajos académicos. Esta influencia también se ha constatado en los manuales como indican Morote y Olcina (2020) donde destaca la información e imágenes con un excesivo catastrofismo e imágenes estéticas con el objetivo de atraer a la audiencia. Por su parte, García

et al. (2009) han comprobado como en los libros de texto predominan las referencias externas vinculadas principalmente con direcciones de Internet como medio para ampliar conocimientos o desarrollar determinadas actividades, con el riesgo que ello supone si no se contrasta la información. Martín-Vide (2009) ha indicado la importancia que tiene tratar esta temática debido a la manipulación y falsedad desde los medios de comunicación.

Respecto a los riesgos de inundación, Souto *et al.* (2019) han detectado diferentes carencias de la presentación en el aula de este tema. A partir de un análisis de las propuestas del profesorado en formación en Educación Primaria, estos autores concluyen que la mayoría de las actividades tienen que ver con propuestas sobre cómo afrontar un fenómeno de inundación —protocolos de emergencia—, análisis de episodios pasados y la realización de salidas de campo. Sin embargo, no se observa un modelo explicativo de carácter hidrográfico que pueda ayudar al alumnado a entender el fenómeno de las inundaciones, dificultando, por tanto, la comprensión de estos episodios. Y, además, las propuestas de los discentes hacen demasiado hincapié en tratar estos riesgos desde el análisis de las consecuencias —una vez se ha producido el desastre— y no tanto en las causas —climáticas o agravadas por el ser humano—. Estas deficiencias se muestran asimismo en los niveles de Educación Secundaria y Bachillerato.

En cuanto a la formación del alumnado se debería promover un espíritu crítico sobre la interpretación de la información y que este tenga un conocimiento más real sobre las cuestiones del cambio climático y sus riesgos asociados. Serantes (2015) indica que es de vital importancia insertar actividades para la resolución de problemas vinculados con el cambio climático y sus extremos atmosféricos y actividades y contenidos de carácter local en los libros de texto de ESO. En Europa, esto es algo que se viene tratando en el Reino Unido por la *Geographical Association* desde hace varias décadas con el análisis de casos de estudio. Estos ejemplos tratan tanto sobre riesgos naturales (Aspin, 2018) como del cambio climático (Greenwood, 2018). Enseñar los riesgos atmosféricos desde esta orientación didáctica sería una oportunidad para conseguir una sociedad crítica y capacitada para interpretar el territorio. Al respecto, también en Reino Unido recientemente se han incorporado en los centros de Educación Primaria y Secundaria docentes especialistas sobre estas cuestiones, convirtiéndose, de esta manera, en el primer país del mundo con docentes acreditados por las Naciones Unidas para impartir cursos y lecciones sobre el cambio climático (Ecoinventos, 8 de agosto de 2019).

Finalmente, cabe poner de manifiesto que se están desarrollando propuestas editoriales que tratan de forma sencilla, pero con rigor, el proceso actual de cambio climático. Por ejemplo, el trabajo de Nelles y Serrer (2020) que, con una secuencia lógica desde los aspectos físicos hasta los humanos, argumentan con un abundante y claro material gráfico, diferentes elementos que integran un proceso complejo que afecta a la totalidad del medio: clima terrestre, cambios climáticos, criosfera, océanos, eventos extremos, ecosistemas y ser humano. También, Scharmacher-Schreiber y Stephanie (2020) apuestan por un método de pregunta-respuesta: ¿se está volviendo el clima cada vez más cálido? ¿se puede sentir una diferencia de un grado?. Se trata de un trabajo sobre cambio climático orientado a los niveles básicos de la enseñanza, aunque también válido para el público en general.

5. Conclusiones

La explicación en el aula de cuestiones sobre los riesgos naturales es esencial para la formación de sociedades más seguras y resilientes. En el litoral mediterráneo español, región-riesgo a escala europea, los eventos extremos relacionados con el comportamiento atmosférico se están desarrollando con elevada frecuencia y gran intensidad en las últimas décadas. Este hecho manifiesta el efecto, ya comprobado con los datos instrumentales, del proceso de calentamiento climático en la circulación atmosférica general y su dinámica puntual en algunas regiones del mundo como la cuenca mediterránea. Se trata, además, de procesos que, según lo indicando en los informes, los escenarios futuros de cambio climático pronostican eventos atmosféricos extremos más frecuentes e intensos.

Como se ha señalado, los libros de texto, o no incluyen alguno de estos procesos o aportan un tratamiento demasiado “extremista” basado, en numerosas ocasiones, en las informaciones que se difunden en los medios de comunicación. A partir de las actividades que se proponen en este trabajo se presenta un reto importante para la enseñanza de los riesgos climáticos y su relación con el proceso actual de calentamiento climático en el litoral mediterráneo español, que puede servir de ejemplo para su aplicación en otras regiones climáticas de España. Se tratan de actividades que deberían considerar

los manuales escolares de ESO y Bachillerato, como elemento de complejidad cognitiva y de innovación docente, estrechamente vinculada con el entorno —consecuencias de estos fenómenos en la vida cotidiana del alumnado—.

Será preciso cuantificar y analizar el tipo de recursos y actividades a aplicar en el aula; tener en cuenta otros recursos a los que se vinculan y valorar la complejidad de las actividades; a modo de lo que han realizado Morote (2020) en climatología o Sáiz (2011) para el caso de Historia. Debido al riesgo que supone que el profesorado dependa de los libros de texto, se propone su incorporación a las próximas ediciones de estos, ya que se ha puesto de manifiesto que algunos trabajos han constatado el escaso rigor de la información y los estereotipos en relación, por ejemplo, con el cambio climático. Cabe indicar que la realidad docente en las aulas depende, casi exclusivamente de la habilidad del profesorado para enseñar estos conocimientos. Este aspecto no ha sido tratado en este trabajo y constituye un reto de investigación futura.

La aprobación de leyes de cambio climático —Estado y Comunidades Autónomas— y de reforma educativa, donde se recogen apartados específicos sobre “Educación y capacitación frente al cambio climático” abre nuevas posibilidades para la enseñanza de los riesgos y el cambio climático en los niveles educativos escolares. El tema de los riesgos atmosféricos y del cambio climático va a marcar las agendas de las administraciones en las próximas décadas, puesto que se deben ir preparando los territorios y sus sociedades a los efectos previstos en la modelización. Por ello, la educación tiene un papel fundamental a desarrollar en este contexto para la formación de una ciudadanía más informada y mejor preparada para la adaptación a procesos extremos que van a ser más frecuentes, como indican los datos científicos, en el futuro próximo.

Financiación

Esta investigación se inserta en el proyecto “Las representaciones sociales de los contenidos escolares en el desarrollo de las competencias docentes” (PGC2018-094491-B-C32) financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y cofinanciado con fondos FEDER de la UE, y parte de los resultados que se presentaron en el Taller “Climántica de Respuestas Educativas al Cambio Climático” organizado por el CEFIRE y celebrado entre los días 24-26 de febrero de 2020 en el IES Virgen del Remedio (ciudad de Alicante).

Anexos

Anexo I. Recursos y materiales para el profesorado y alumnado

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (AdapteCCa). Portal oficial de modelización del cambio climático en España:

- http://escenarios.adaptecca.es/#&model=multimodel&variable=tasmax&scenario=rcp85&temporalFilter=YEAR&layers=AREAS&period=MEDIUM_FUTURE&anomaly=RAW_VALUE
-

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Datos climáticos de observatorios oficiales, informes sobre estado del clima, modelización climática:

- <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos>
 - http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/detalles/informe_clima_2019
 - <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos>
-

Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM). Informes sobre evolución de temperatura marina en el mar Mediterráneo_

- <http://www.ceam.es/ceamet/SST/index.html>
-

Instituto Geográfico Nacional (IGN). Recursos didácticos, mapas y gráficos de interés para la explicación de esta temática:

- <https://www.ign.es/web/ign/portal/recursos-educativo>
-

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Informes oficiales sobre cambio climático. Informes monográficos sobre aspectos concretos (océanos, hielos):

- <https://www.ipcc.ch>
-

Oficina de Cambio Climático en Cataluña. Informe de cambio climático en Cataluña:

- http://cads.gencat.cat/web/.content/Documents/Publicacions/tercer-informe-sobre-canvi-climatic-catalunya/Sintesis/CC_Sintesi-CASTELLA_web.pdf
-

Páginas web de asociaciones de aficionados a la Meteorología:

- <https://www.meteoclimatic.net>
 - <https://redmeteo.ametse.es>
 - <https://www.avamet.org/>
-

Programa de las Naciones Unidas para el Mediterráneo. Informes sobre cambio climático y extremos atmosféricos en la cuenca del Mediterráneo:

- https://ufmsecretariat.org/wp-content/uploads/2019/10/MedECC-Booklet_EN_WEB.pdf
-

Sistema de Notificación de Observaciones Atmosféricas Singulares (SINOBAS). Portal de eventos meteorológicos extremos en España:

- <https://sinobas.aemet.es>
-

Elaboración propia

Referencias

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2019). *Olas de calor en España desde 1975*. Área de Climatología y Aplicaciones Operativas. Madrid: Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico. Recuperado de http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/Olas_calor/Olas_Calor_ActualizacionMarzo2020.pdf
- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2020). *Informe sobre el estado del clima de España 2019*. Madrid: Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico. Recuperado de http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/detalles/informe_clima_2019
- Aguiló, J.M. (11 de octubre de 2018). Al menos doce muertos en municipios de Mallorca tras las inundaciones por las tormentas. *Diario ABC*. Recuperado de https://www.abc.es/sociedad/abci-lluvia-deja-mas-120-litros-agua-mallorca-y-provoca-graves-inundaciones-sant-llorenç-201810092235_noticia.html

- Ahmad, S. y Numan, S.M. (2015). Potentiality of disaster management education through open and distance learning system in Bangladesh Open University. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 16(1), 249-260.
- Arnell, N.W., Lowe, J.A., Challinor, A.J. y Osborn, T.J. (2019). Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change*, (155), 377-391. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02464-z>
- Aspin, V. (2018). A week of rain.... *Primary Geography*, (96), 24-25.
- Bel, J.C. y Colomer, J.C. (2018). Teoría y metodología de investigación sobre libros de texto: análisis didáctico de las actividades, las imágenes y los recursos digitales en la enseñanza de las Ciencias Sociales. *Revista Brasileira de Educação*, (23), 1-23. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-24782018230082>
- Benito, FJ. (13 de noviembre de 2017). Cerca de 36.000 hectáreas de cultivo de Alicante amenazados por la sequía. *Diario Levante*. Recuperado de <https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2017/11/13/cerca-36-000-hectareas-cultivo-13848402.html>
- Benito, FJ. (10 de junio de 2019). La temperatura del mar aumentó 0,8° en la costa de Alicante este invierno. *Diario Información*. <https://www.informacion.es/alicante/2019/06/10/temperatura-mar-aumento-0-8-5398877.html>
- Bricelj, M. (2013). Kranjska stena - An example of good school practice. *Geografija v Soli*, 22(2-3), 51-56.
- Bueno, V. (31 de julio de 2017). Medusas por encima de la media en el 10% de las playas del Mediterráneo. *Diario Levante*. Recuperado de <https://www.levante-emv.com/vida-y-estilo/salud/2017/07/31/medusas-media-10-playas-mediterraneo-13730482.html>
- Calvo, F. (2001). *Sociedades y territorios en riesgo*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo [CEAM] (2020). *Mediterranean SST report (Summer 2020)*. Recuperado de <http://www.ceam.es/ceamet/SST/index.html>
- Centros de Estudios y Experimentación de Obras Públicas [CEDEX] (2017). *Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España*. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y Ministerio de Fomento.
- Chevallard, Y. (1991). *La Transposition Didactique du Savoir Savant au Savoir Enseigné*. Grenoble, France: La Pensée Sauvage éditions.
- Chiwara, P. y Lombard, A. (2018). Mitigation the impact of drought in Namibia: implications for social work practice, education and policy. *The Routledge Handbook of Green Social Work* (pp. 293-306). Routledge: Londres. Recuperado de Mitigating the impact of drought in Namibia | Taylor & Francis Group.
- Cramer W., Guiot J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.P., Iglesias, A., Lange, M.A., ...y Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, (8), 972-980. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>
- De Luis, M., Brunetti, M., Gonzalez-Hidalgo, J.C., Longares, L. A. y Martín-Vide, J. (2010). Changes in seasonal precipitation in the Iberian Peninsula during 1946–2005. *Global and Planetary Change*, 74 (1), 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.06.006>
- Díaz, A. (13 de febrero de 2020). Alicante, Murcia, Almería y Canarias se enfrentan a una brusca desertificación. *Diario El Mundo*. Recuperado de <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2020/02/13/5e4437ffffdddfcb088b4648.html>
- Díez, A. (2015). Buscando riadas en los árboles: Dendrogeomorfología. *Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23(25), 272-285.
- Díez, A., Hernández-Ruiz, M., Díez, P. y Carrera, C. (2020). Programa de Educación Infantil en el riesgo de inundaciones “Venero Claro-Agua” (Ávila). En M^a. I. López y J. Melgarejo (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 1.191-1.200). Alicante: Universidad de Alicante.
- Ecoinventos (8 de agosto de 2019). Reino Unido incorpora a sus colegios a profesores especialistas en el cambio climático. *Ecoinventos*. Recuperado de <https://ecoinventos.com/reino-unido-incorpora-a-sus-colegios-a-profesores-especialistas-en-el-cambio-climatico/?fbclid=IwAR1bsdJD3MwOIFc0g4wYK9JRMZmVp3xPSeos9U-57iWDI3JNWk0GAKCHIWI>

- Efe (23 de agosto de 2018). Las noches tropicales se cuadruplican en los últimos años. *Diario Levante*. Recuperado de <https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2019/09/25/noches-tropicales-cuadruplican-ultimas-decadas-11743017.html>
- Eklund, S. (2018). *Climate change education with a bright horizon?: Pedagogical reflections on teacher training for climate education that aims to empower students* (Tesis Doctoral). Stockholm University. Stockholm (Sweden).
- European Environment Agency [EEA] (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*. An indicator-based report, Luxemburgo. Recuperado de <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>
- Fernández, R., Gómez, A. y Luengo, M. Á. (2019). Aprendiendo a interpretar el territorio: estudio de la fitotoponimia en la provincia de Salamanca. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (82), 1-33. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2816>
- García, J., Pardo, P. y Rebollo, L.F. (2009). La desertificación y otros problemas ambientales en los libros de texto de geografía de educación secundaria en España. En F. Pillet, M.C. Cañizares y A. Ruiz (Coords.), *Geografía, territorio y paisaje. El estado de la cuestión: actas del XXI Congreso de Geógrafos Españoles* (pp. 1.757-1.772). Ciudad Real: Asociación de Geógrafos Españoles.
- Garzón, G., Ortega, J.A. y Garrote, J. (2009). Las avenidas torrenciales en cauces efímeros: ramblas y abanicos aluviales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17 (3), 264-276.
- Gil, A. y Olcina, J. (2021). *Tratado de Climatología (2ª edición)*. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- González, J. C., López, J.A., Stepanek, P., Martín-Vide, J. y De Luis, M. (2009). Monthly precipitation trends on the Mediterranean façade of the Iberian Peninsula during the second half of the 20th century (1951-2000). *International Journal of Climatology*, (29), 1.415-1.429. <https://doi.org/10.1002/joc.1780>
- Greenwood, H. (2018). A climate change assembly. *Primary Geography*, (96), 22-23.
- Hernández-Ruiz, M., García, M., Díez, A. y Carrera, C. (2020). Mejora de la percepción y conocimiento infantil sobre el riesgo de inundaciones: Programa 'Venero Claro-Agua' (Ávila). En M^a. I. López y J. Melgarejo, J. (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 1.201-1.210). Alicante: Universidad de Alicante.
- Herrero, A. (28 de septiembre de 2019). El cambio climático ha modificado el patrón de las inundaciones en Europa. *Diario El Mundo*. Recuperado de <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2019/08/28/5d66aefbfc6c83737a8b4609.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2007). *Fourth Assessment Report. AR4 Climate Change 2007*. 3 vols. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar4/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2014). *Climate Change 2013 and Climate Change 2014* (3 vols.). Recuperado de <http://www.ipcc.ch/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2018). *Special Report Global warming of 1.5°C*. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- Instituto Geográfico Nacional [IGN] (2020). *Actividades de Geografía con visualizadores para ESO y Bachillerato. Utilización de Iberpix y el Comparador de ortofotos del IGN*. Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica.
- Kažys, J. (2018). Climate change information on internet by different Baltic Sea Region languages: Risks of disinformation & misinterpretation. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 7 (4), 685-695.
- La Calle, A. (2007). *Sequía y adaptación de la Directiva marco del agua. La Sequía en España. Directrices para Minimizar su Impacto*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Lechowicz, M. y Nowacki, T. (2014). School education as an element of natural disaster risk reduction. *Prace i Studia Geograficzne*, (55), 85-95.
- Lenzen, M. y Smith, S. (1999). Teaching Responsibility for Climate Change: Three Neglected Issues. *Australian Journal of Environmental Education*, (15), 65-75. <https://doi.org/10.1017/S0814062600002627>

- Little, P., Aboud, A. y Lenachuru, C. (2009). Can formal education reduce risk for drought-prone pastoralist? A case study from barringo district, Kenya. *Human Organization*, 68(2), 154-165. <https://doi.org/10.17730/humo.68.2.n70t617197x4w778>
- Mann, M.E., Rahmstorf, S., Kornhuber, K., Steinman, B.A., Miller, S. K., Petri, S. y Coumou, D. (2018). Projected changes in persistent extreme summer weather events: The role of quasi-resonant amplification. *Science Advances*, 4(10). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat3272>
- Martín-Vide, J. (2009). Diez verdades y diez mentiras en relación al cambio climático. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17(2), 120-127.
- Martínez-Fernández, L.C. y Olcina, J. (2019). La enseñanza escolar del tiempo atmosférico y del clima en España: currículo educativo y propuestas didácticas. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 39(1), 125-148. <https://doi.org/10.5209/aguc.64680>
- Martínez-Medina, R. y López-Fernández, J.A. (2016). La enseñanza de la climatología en los manuales escolares de ciencias sociales en Educación Primaria. En R. Sebastián y E. Tonda (Eds.), *La investigación e innovación en la enseñanza de la Geografía* (pp. 245-258). <https://doi.org/10.14198/GeoAlicante2015.17>
- Masters, M. (2020). *123 curiosidades que todo el mundo debería conocer sobre el clima*. Barcelona: Geoplaneta.
- McEwen, L., Stokes, A., Crowley, K. y Roberts, C. (2014). Using role-play for expert science communication with professional stakeholders in flood risk management. *Journal of Geography in Higher Education*, 38(2), 277-300. <https://doi.org/10.1080/03098265.2014.911827>
- McWhirter, N. y Shealy, T. (2018). Case-based flipped classroom approach to teach sustainable infrastructure and decision-making. *International Journal of Construction Education and Research*, (16), 3-23. <https://doi.org/10.1080/15578771.2018.1487892>
- Méndez, R., Gutiérrez, J., Olcina, J. y Pérez, E. (2020). *Geografía*. Editorial SM.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014). *Cambio climático: impactos, adaptación vulnerabilidad. Guía resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC Grupo de Trabajo II*. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/quinto-informe-ipcc-grupo-2_tcm30-70704.pdf
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2020). *Real Decreto 1105/2014 de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. Recuperado de <https://boe.es/buscar/pdf/2015/BOE-A-2015-37-consolidado.pdf>
- Monjo, R. y Martín-Vide, J. (2016). Daily precipitation concentration around the world according to several indices. *International Journal of Climatology*, 36(11), 3.828-3.838. <https://doi.org/10.1002/joc.4596>
- Morán, E., Herrera, S., López, J.I., Revuelto, J. y Beniston, M. (2012). Evolución reciente de las condiciones de humedad y temperatura en las montañas españolas y su relación con la cubierta nivosa. En Asociación Española de Climatología. *VIII Congreso Internacional Asociación Española de Climatología: Cambio climático* (pp. 891-898). Salamanca: Asociación Española de Climatología.
- Morgan, A. (2012). Me as a Science Teacher': Responding to a Small Network Survey to Assist Teachers with Subject-Specific Literacy Demands in the Middle Years of Schooling. *Australian Journal of Teacher Education*, 37(6), 73-95. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14221/ajte.2012v37n6.6>
- Morote, A.F. (2020). ¿Cómo se trata el tiempo y clima en la Educación Primaria? Una exploración a partir de los recursos y actividades de los manuales escolares de Ciencias Sociales. *Espacio, Tiempo y Forma, Serie VI Geografía*, (13), 119-144.
- Morote, A.F. y Hernández, M. (2020). Social Representations of Flooding of Future Teachers of Primary Education (Social Sciences): A Geographical Approach in the Spanish Mediterranean Region. *Sustainability*, 12(15), 1-14. <https://doi.org/10.3390/su12156065>
- Morote, A.F. y Olcina, J. (2020). El estudio del cambio climático en la Educación Primaria: una exploración a partir de los manuales escolares de Ciencias Sociales de la Comunidad Valenciana. *Cuadernos Geográficos*, 59(3), 158-177. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i3.11792>
- Morote, A.F. y Souto, X.M. (2020). Educar para convivir con el riesgo de inundación. *Estudios Geográficos*, 81(288), 1-14. <https://orcid.org/0000-0003-1480-327X>

- Morote, A.F., Campo, B. y Colomer, J.C. (2021). Percepción del cambio climático en alumnado de 4º del Grado en Educación Primaria (Universidad de Valencia, España) a partir de la información de los medios de comunicación. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 24(1), 131-144. <https://doi.org/10.6018/reifop.393631>
- Muñoz, C., Schultz, D. y Vaughan, G. (2020). A Midlatitude Climatology and Interannual Variability of 200- and 500-hPa Cut-Off Lows. *Journal of Climate*, 33(6), 2.201-2.222. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0497.1>
- National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA] (2020). *National Oceanic and Atmospheric Administration | U.S. Department of Commerce (noaa.gov)*. Recuperado de <https://www.noaa.gov/>
- Nelles, D. y Serrer, C. (2020). *El pequeño manual del cambio climático*. Barcelona: Grijalbo.
- Núñez, J.A. (3 de julio 2020). Noches muy cálidas en las ciudades mediterráneas. *Aemetblog.es*. Recuperado de <https://aemetblog.es/2020/07/03/noches-muy-calidas-en-las-ciudades-mediterraneas/>
- Ollero, A. (1997). Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico. Un planteamiento didáctico. *Lurr@lde*, (20), 261-283.
- Olcina, J. (2020). Clima, cambio climático y riesgos climáticos en el litoral mediterráneo español. Oportunidades para la geografía. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 66(1), 159-182. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.629>
- Olcina, J. (21 de septiembre de 2020). Temperatura del mar Mediterráneo preocupante. *Diario Levante*. Recuperado de <https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2020/09/21/temperatura-mar-mediterraneo-preocupante-14021265.html>
- Olcina, J. y Biener, S. (2019). ¿Está cambiando el clima valenciano?. Realidades e incertidumbres. En J. Olcina y E.A. Moltó (Eds.), *Climas y Tiempos en el País Valencià* (pp. 162-170). Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Pagés, R. (16 de marzo de 2016). La Marina Baixa pide al Júcar un trasvase de emergencia. *Diario Información*. Recuperado de <https://www.informacion.es/benidorm/2016/03/15/marina-baixa-pide-jucar-trasvase-6211624.html>
- Pascual, C., Alberola, P. y Benito, F.J. (23 de mayo de 2018). Drones y redes en el agua contra la carabela portuguesa. *Diario Información*. Recuperado de <https://www.diariodebiza.es/sociedad/2018/05/22/drones-redes-agua-carabela-portuguesa/990460.html>
- Pastor, F., Valiente, J.J. y Khodayar, S. (2020). A Warming Mediterranean: 38 Years of Increasing Sea Surface Temperature. *Remote Sensing*, 12(2687), 1-16. <https://doi:10.3390/rs12172687>
- Pausas, J.G. y Millán, M.M. (2019). Greening and browning in a climate change hotspot: the Mediterranean Basin. *BioScience*, 67(2), 143-151. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy157>
- Pérez, A., Navarro, F. y Álvarez, Y. (2016). Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad social en poblaciones afectadas por el peligro de inundación. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 62(1), 133-159. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/dag.242>
- Rodríguez, R. (11 de octubre de 2019). Así afectará el cambio climático a España: pobres en agua y con más enfermedades. *Diario El Confidencial*. Recuperado de https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2019-10-10/cambio-climatico-espana-consecuencias-pobreza-agua_2276571/
- Rodríguez, J. y Martínez, J. (2016). Libros de texto y control del curriculum en el contexto de la sociedad digital. *Cadernos CEDES*, 36(100), 319-336. <https://doi.org/10.1590/cc0101-32622016171317>
- Sáiz, J. (2011). Actividades de libros de texto de Historia, competencias básicas y destrezas cognitivas, una difícil relación: análisis de manuales de 1º y 2º de ESO. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (25), 37-64.
- Sánchez-Fuster, M.C. (2017). *Evaluación de los recursos didácticos utilizados en Ciencias Sociales, Geografía e Historia en Educación Primaria* (Tesis Doctoral). Universidad de Murcia. Murcia.
- Serantes, A. (2015). Como abordan o Cambio Climático os libros de texto da Ensinanza Secundaria Obligatoria na España. *AmbientalMENTEsustentable*, (20), 249-262.
- Serrano, R. (2017). *Reconstrucción climática instrumental de la precipitación diaria en España: ensayo metodológico y aplicaciones* (Tesis doctoral). Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

- Scharmacher-Schreiber, K. y Stephanie, M. (2020). *¿Cuánto calor es 1 grado más? ¿Qué pasa con el cambio climático?*. Salamanca: Loguez Ediciones.
- Shepardson, D.P. y Hirsch, A.S. (2020). Teaching climate change. What educators should know and can do. *American Educator*, (winter 2019-20), 4-13. Recuperado de https://www.aft.org/ae/winter2019-2020/shepardson_hirsch
- Singh, S.A. (2020). Climate change education: knowing, doing and being. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 29(4), 362-365. <https://doi.org/10.1080/10382046.2019.1703318>
- United Nations (2015). *Sustainable Development Goals*. UNDP, Sustainable Development Agenda. Recuperado de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/resources.html>
- Valls, R. (2007). *Historiografía Escolar Española: Siglos XIX-XXI*. UNED.
- Villena, J.J. (2 de agosto de 2017). Noche de posibles récords por calor en el sureste y Baleares. *Meteored*. Recuperado de <https://www.tiempo.com/noticias/actualidad/noche-de-records-por-calor-en-el-sureste-y-baleares.html>
- Villena, J. (31 de agosto de 2019). ¿En 2050 será la Comunidad Valenciana un desierto?. *Diario Levante*. Recuperado de <https://www.levante-emv.com/sociedad/2019/08/31/2050-comunidad-valenciana-sera-desierto-11783838.html>
- Wetterzentrale (2020). *Archivo, CFSR (1979-)*. Recuperado de <https://www.wetterzentrale.de/>
- Wilhite, D. A. (2000). *Drought: A Global Assessment*. Vols. 1 and 2. New York: Routledge.

Cita bibliográfica: García Rodríguez, M.P., & Álvarez García, B. (2021). Preservación del medio natural en los Reales Sitios del entorno de Madrid. *Investigaciones Geográficas*, (76), 221-242. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18344>

Preservación del medio natural en los Reales Sitios del entorno de Madrid

Preservation of Natural Environment in the Royal Sites around Madrid

María del Pilar García Rodríguez^{1*} 
Beatriz Álvarez García² 

Resumen

El objetivo de este estudio es analizar la importancia que los Reales Sitios de la Comunidad de Madrid y de la provincia de Segovia tienen en la preservación de los territorios situados alrededor de sus palacios y que tienen un gran valor ecológico. El interés de los Reales Sitios como patrimonio histórico, artístico y turístico ha sido estudiado por numerosos investigadores; sin embargo, es menos conocida y estudiada su importancia en la conservación del patrimonio natural. Al tener un alto grado de protección ejercen de freno en la expansión urbanística, limitando el sellado del suelo y conservando el medio natural y la diversidad biológica. A pesar de la presión demográfica ejercida por Madrid, con un importante crecimiento de población en los últimos cincuenta años, que ha conducido a una expansión del suelo urbanizado, estos lugares siguen manteniendo gran parte de su espacio natural original. Aun así, el sellado ha fragmentado algunos territorios, por lo que se ha roto la conectividad entre estos Reales Sitios, lo que se observa claramente en las imágenes de satélite.

Palabras clave: Reales Sitios; sellado del suelo; espacios protegidos; conservación medio natural.

Abstract

The aim of this article is to analyse the relevance of the Royal Sites in Madrid and Segovia for the preservation of ecologically significant land around the palaces. The Royal Sites have been previously studied as part of the historical, artistic, and touristic heritage. However, their relevance in the preservation of natural heritage is less known. Given their high levels of protection, they act as a natural limit to urban spread, limiting soil sealing, and preserving the natural environment and biological diversity. Despite the demographic impact of Madrid, whose population has constantly grown over the last 50 years and produced an increasing sprawl of urban development, the Royal Sites have maintained their original landscape surfaces. Nevertheless, soil sealing has fragmented some of these territories and broken the connexion between them – as can be observed in satellite images.

Keywords: Royal Sites; soil sealing; protected landscapes; conservation.

1 Departamento de Geografía. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid, España. mpgarcia@ucm.es. *Autora para correspondencia

2 Departamento de Historia Moderna y Contemporánea. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid y Centro de Estudios de la fundación Carlos de Amberes, España. beatriz.alvarez@ucm.es

1. Introducción

Uno de los problemas medioambientales más graves en Europa es el sellado de suelo debido a infraestructuras y urbanizaciones (Gardi *et al.*, 2011; Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) (2012); Munafo, Salvati y Zitti, 2012). Este sellado conduce a la desaparición de numerosos ecosistemas con graves consecuencias medioambientales (Añó, Pascual y Sánchez, 2005; Artmann, 2014; Romero, Belmonte, Docampo y Ruiz, 2011; Romero, Caballero y Pérez, 2017; Caballero, 2017; Shen, Abdoul, Zhu, Wang y Gong, 2017). La expansión de las áreas urbanas en las proximidades de las grandes ciudades (Scalenghe y Marsan, 2009; Munafo, Norero, Sabbi, y Salvati, 2010; Valera, Añó y Sánchez, 2011; Xiao *et al.*, 2013) provoca la alteración de la dinámica natural del paisaje destruyendo grandes extensiones de vegetación natural e impidiendo la conexión entre los espacios naturales protegidos. Numerosos trabajos realizados en los últimos años sobre el sellado del suelo en la Comunidad de Madrid (García, Pérez y Guerra, 2014; García y Pérez, 2016; Pérez y García, 2016, 2017; Aréstegui y Pérez, 2017; García-Alvarado, García y Pérez, 2018a, 2018b; García Alvarado, Pérez y García, 2020; García y Álvarez, 2020) muestran cómo el crecimiento urbano supone un gran problema para el mantenimiento de los diversos ecosistemas y la conservación de los suelos (Comunidad Autónoma de Madrid (C.A.M.), 2007, 2010). Esta Comunidad y sus áreas aledañas han sufrido un importante proceso de urbanización y sellado del suelo debido al gran incremento de la población en los últimos cincuenta años. Así, según datos de la Comunidad Autónoma de Madrid (<https://www.comunidad.madrid/>) se ha pasado de 1.823.410 habitantes en 1956 a 6.662.000 en 2019. El incremento de la superficie urbanizada es, en proporción, muy superior, pasando de 11.850,39 hectáreas en 1956 a 81.183,30 en 2017. Sin embargo, este crecimiento no ha sido lineal, ya que el sellado se aceleró en la última década del siglo XX y primera del XXI. A partir de 2008, con la crisis económica se ralentizó el proceso de urbanización. Así, en 2005 el suelo urbanizado representaba el 9,74% de la superficie de la C.A.M.; en 2008 el 9,86% y en 2017 el 10,11% por lo que el incremento en los últimos años ha sido menor. A pesar de ello, existen amplísimos espacios con vegetación natural en el Noroeste de la Comunidad, e incluso en el municipio de Madrid (36,25% de suelo urbanizado en 2017) y en las áreas próximas a los cursos fluviales de toda la Comunidad. Un 48% del suelo de la Comunidad tiene un uso forestal. En la conservación de estos espacios juega un papel muy importante la existencia de los Reales Sitios que han preservado el patrimonio natural durante siglos.

Cinco Reales Sitios de la Comunidad de Madrid y la provincia de Segovia, además de palacios y edificios asociados, tienen una importante extensión de territorios naturales. Estos son gestionados por Patrimonio Nacional: jardines históricos, bosques y otros espacios naturales que, en conjunto, abarcan más de 22.000 hectáreas y albergan gran cantidad de fauna salvaje, con suelos frágiles y fácilmente erosionables y con formaciones vegetales representativas de distintos ámbitos: pinares, rebollares, bosque mediterráneo adherido, sotos, bosques galería, etc. con gran valor medioambiental. Estos Reales Sitios se localizan en dos tipos diferenciados de paisajes:

- Paisajes forestales: superficies arboladas con distinto grado de cobertura y zonas de matorral. Dominan el pino silvestre (*Pinus sylvestris*) en las zonas más altas, el robledal de rebollo (*Quercus pirenaica*) en las intermedias y el bosque de encinas (*Quercus ilex*) en las más bajas. En estos paisajes se localizan los Reales Sitios de La Granja de San Ildefonso, Riofrío, El Escorial y El Pardo.

- Paisajes cerealistas y gipsófilos. En la cuenca sedimentaria del sur y sureste de la comunidad, sobre sedimentos calcáreos y yesos se desarrolla un paisaje dominado por con vegetación esteparia, plantas xerófitas y gipsícolas, con algunos enclaves de coscojares (*Quercus coccifera*), Gran parte del territorio está cultivado con cereales de trigo y cebada, olivos y vid. Destaca también el paisaje formado por sotos y riberas de los ríos con bosques galería y cultivos de regadío. Aquí se localiza en Real sitio de Aranjuez.

Un resumen de los principales paisajes e instrumentos de gestión y protección existentes en la actualidad en los Reales Sitios se recoge en la Tabla 1.

El objetivo de este estudio es analizar la importancia que la localización de los Reales Sitios de la Comunidad de Madrid y Segovia tienen en la preservación de territorios con amplio valor ecológico situados en las proximidades de una gran ciudad y, por tanto, sometidos a una gran presión urbanística. En este trabajo se analizan los paisajes representativos de estos lugares, la interconexión entre ellos y su evolución a través de la historia. Para ello se tienen en cuenta los datos que distintos autores han extraído al estudiar los planos históricos y se compara con la situación actual mediante el análisis de imágenes de satélite, que permiten tener una visión global de estos lugares. Por último, se comprueba si sigue existiendo

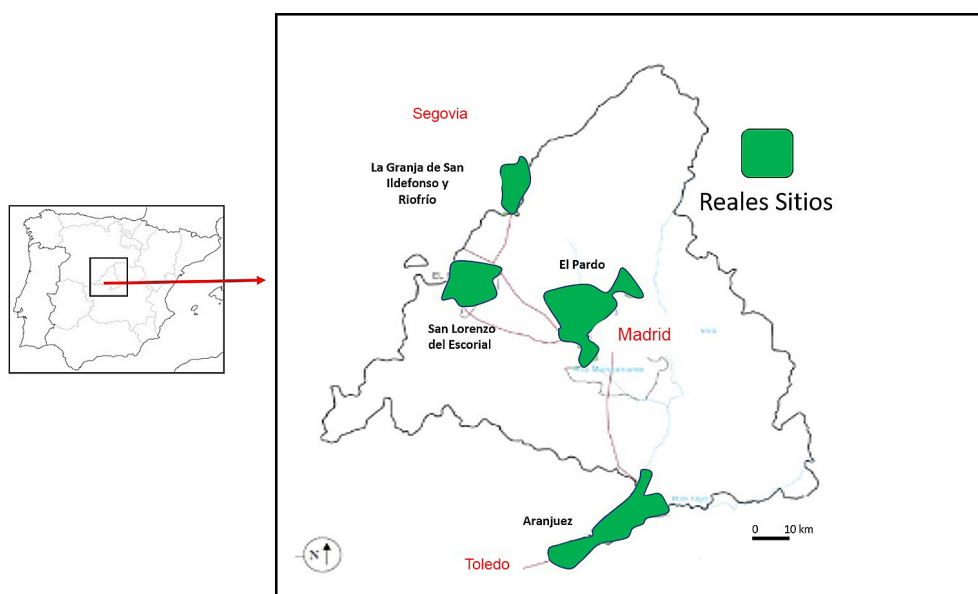
interconexión entre ellos y si ha disminuido la extensión de sus áreas naturales. Los lugares seleccionados (Figura 1) son: El Escorial, La Granja de San Ildefonso y Riofrío, con amplias extensiones de bosques de pinos y robles; el Real Sitio de El Pardo caracterizado por un paisaje mediterráneo dominado por encinas; el Real Sitio de Aranjuez, con paisajes gipsíferos y formaciones de ribera con sotos que albergan numerosas especies endémicas. Aun cuando a lo largo de los siglos estos parajes naturales hayan perdido una extensión considerable, en la actualidad están muy protegidos, tanto por Patrimonio Nacional, como por las redes de espacios naturales, lo que asegura su conservación.

Tabla 1. Paisajes dominantes e instrumentos de planificación y gestión en los Reales Sitios

SITIOS REALES	PAISAJE DOMINANTE: vegetación y suelos	INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN
El Pardo	<ul style="list-style-type: none"> - Monte de encinas (<i>Quercus ilex</i>). - Cambisoles, Arenosoles, Regosoles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Patrimonio Nacional - Reserva de la biosfera - Parque Regional Cuenca Alta del Manzanares - Red Natura 2000 - ZEPa (Zona de Especial Protección para las aves), ZEC (Zona Especial de Conservación), LIC (Lugar de Importancia Comunitaria).
San Lorenzo de El Escorial	<ul style="list-style-type: none"> - Bosque de pinos y robles (<i>Pinus sylvestris</i> y <i>Pinus pinaster</i>, <i>Quercus pyrenaica</i>) y monte de encinas (<i>Quercus ilex</i>). - Leptosoles, Umbrisoles, Cambisoles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Patrimonio Nacional - Monumento y Sitio de Patrimonio de la Humanidad. UNESCO. Territorio histórico - Red Natura 2000 - LIC Cuenca del Guadarrama
La Granja de San Ildefonso y Riofrío	<ul style="list-style-type: none"> - Bosque de pinos y robles (<i>Pinus sylvestris</i>, <i>Quercus pyrenaica</i>). - Vegetación higrófila. - Umbrisoles, Leptosoles, Cambisoles, Gleysoles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Patrimonio Nacional - Reserva de la biosfera - Red Natura 2000 - Parque Nacional del Guadarrama - ZEPa, ZEC, LIC - Plan de Ordenación cuenca del río Frío
Aranjuez	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivos de regadío y vegetación gipsícola e higrófila. - Gipsisoles, Calcisoles, Regosoles y Fluvisoles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Patrimonio Nacional - Paisaje cultural de la humanidad UNESCO - ZEPa, ZEC, LIC

Elaboración propia

Figura 1. localización de los Reales Sitios



Fuente: Sancho (1995). Elaboración propia

2. Metodología

En este estudio se ha utilizado una amplia bibliografía, en la que se incluyen planos históricos de los Reales Sitios, con el objetivo de analizar la composición de los paisajes naturales que rodean estos lugares y su evolución a través de los siglos. También se han analizado fotografías aéreas de vuelos desde los años cuarenta del pasado siglo, obtenidas en la página de la Comunidad de Madrid (<http://www.madrid.org/cartografia/planeamiento>) e imágenes históricas del archivo del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) histórico del Instituto Geográfico Nacional (<http://www.ign.es>). Para analizar la situación actual se han visualizado imágenes de los satélites Spot y Landsat (<http://www.madrid.org/cartografia/planeamiento/>) e imágenes actuales del PNOA (<http://www.ign.es>). Además, se ha seleccionado una imagen del satélite Landsat 8 obtenida en el servidor libre del United States Geological Survey.(USGS): <http://glovis.usgs.gov/> a la que se le han efectuado distintas mejoras espectrales (mezcla de bandas e índice de vegetación, NDVI) y se ha realizado una clasificación supervisada con el fin de comprobar si existe unión o no entre los Reales Sitios que permitan la conservación de sus suelos, vegetación natural y el movimiento de la fauna. En esta imagen se han realizado también correcciones geométricas y atmosféricas con el fin de obtener una mejor visualización. Se ha utilizado el software ERDAS Imagine 2019. La mezcla de bandas que mejor información visual ofrece es un falso color utilizando los canales 6, 5 y 4 (IR próximos y rojo) del espectro electromagnético.

El Índice de vegetación de la Diferencia Normalizada se obtiene mediante la relación entre el canal Infrarrojo próximo menos el rojo partido por el cociente de la suma de ambos (IR-R/IR+R) que en el caso del satélite Landsat 8 corresponde a las bandas 5 y 4 respectivamente. El NDVI utiliza la alta respuesta espectral de la vegetación en el canal infrarrojo próximo frente a la baja en el canal rojo, por lo que las áreas con vegetación tienen valores positivos, mientras que los suelos sellados los tienen negativos.

La clasificación supervisada se ha realizado mediante el algoritmo paramétrico de la mínima distancia, ya que es el que ofrece más fiabilidad. A partir de la cartografía generada con esta clasificación, se ha calculado la superficie de suelos sellados y la superficie que aún mantiene vegetación natural.

Evidentemente, ha sido necesaria la comprobación directamente en el campo de las clases informacionales obtenidas, así como su comparación con imágenes de mayor resolución espacial como las que se obtienen con el PNOA.

Los datos de suelos se han adaptado a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo, 2015 (<http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/base-referencial-mundial/es>).

3. Resultados

En este apartado se analiza la importancia de estos lugares en la conservación de los ecosistemas y la evolución de los mismos.

3.1. Importancia de los Reales Sitios en la preservación de los ecosistemas

Con la denominación de Reales Sitios son conocidas las localizaciones donde se ubican las antiguas residencias de la familia real española, la mayor parte en las proximidades de Madrid, y que han sido utilizadas tradicionalmente como lugar de reposo, recreo, residencia de invierno o de verano y soto de caza, por los monarcas españoles. Estos Reales Sitios tienen su origen en la Baja Edad Media, momento en el que los reyes castellanos fueron cubriendo la geografía de sus territorios con residencias donde establecerse temporalmente, habida cuenta del carácter itinerante de la corte real. Aunque a lo largo de las décadas fueron aumentándose los territorios propiedad de la Corona, fue Felipe II quien llevó a cabo la primera sistematización y organización de dichos territorios. A través de la creación de la Junta de Obras y Bosques, la designación de un arquitecto mayor y el establecimiento de unas instrucciones para los oficiales de los Sitios Reales proporcionó a estos lugares su primera gestión y estructuración homogénea (Hortal, 2014), configurándolos como un todo que aún hoy permanece en su nomenclatura y gestión, puesto que pertenecen a Patrimonio Nacional. Los Sitios Reales estaban constituidos por bosques, jardines, espacios agrícolas, fábricas, núcleos urbanos, residencias palaciegas, iglesias y conventos y eran utilizados de forma estacional: los reyes residían habitualmente en El Pardo en invierno, Aranjuez en primavera, La Granja de San Ildefonso en verano y El Escorial desde mediados de octubre a diciembre.

Como los Reales Sitios españoles, hay una gran cantidad de espacios naturales en Europa donde existen o existieron antiguos bosques y tierras adscritos a la realeza, lugares de reposo y esparcimiento que por ser propiedad de las Casas Reales se han preservado. La importancia del entorno paisajístico actuó como elemento de gran trascendencia en la elección de dichos enclaves para la ubicación en ellos de un Real Sitio, y sin el cual no se podrían comprender (Maroteaux, 2000).

Tales lugares han sido objeto de numerosos y excelentes estudios de investigación por parte de los historiadores (Tovar, 2001), de los historiadores de arte (Bonet, 2000; Checa y Morán, 1986), arquitectos y urbanistas (Chueca, 1989a,) entre otros. No obstante, Hortal (2017) señala que, hasta los últimos años, apenas si existen estudios en los que se haya abordado el sentido de tales palacios y jardines más allá de asignarles una función de descanso y divertimento de los reyes y sus familias. Sin embargo, en los últimos tiempos, dichos lugares se están estudiando desde la metodología de los estudios de la Corte, a los que se suman las teorías del llamado giro espacial, con lo que cobran un significado mucho más relevante y se sitúan en el contexto de la formación y evolución de la organización política de la Monarquía Hispánica. De esta manera, se preservaron con mayor o menor fortuna. Estos Reales Sitios también tienen mucho interés como destino turístico (García y Mínguez, 2004) por lo que han sido analizados por numerosos investigadores señalando que los Reales Sitios adquieren mayor relevancia al tener un elevado valor paisajístico, no sólo vinculado al concepto tradicional de paisaje natural y al urbano, sino también al patrimonio cultural, que es el que refleja la importancia de determinadas figuras y episodios de la historia, acontecimientos, valores, gustos, aficiones y actuaciones (Mínguez, 2007).

Los Reales Sitios no solo comprendían espacios palatinos o funciones únicamente cortesanas. La explotación y aprovechamiento (leña, caza, pesca, cultivos, etc.) de los amplios espacios naturales que se desplegaron en torno a ellos los convirtieron en centros neurálgicos del poder político y económico y en espacios que transformaban y reestructuraban las zonas contiguas a ellos (Labrador y Rossi, 2014). Su localización geográfica no fue lo único que determinó su fundación, ya que también tuvo mucha importancia su entorno natural para ser utilizado como áreas de caza, hecho que ha permitido la gran diversidad biológica que se conserva en la actualidad. Ya en la Edad Moderna, la literatura cinegética de los siglos XVI, XVII y XVIII ofrece una geografía cinegética en la que se consignan sobre todo los cazaderos reales y algunos señoriales, principalmente castellanos y próximos a Madrid, de acuerdo con el centralismo de la época y con medios de desplazamiento poco eficaces. En la época de esplendor de este patrimonio y de los grandes reyes cazadores como Felipe IV, las fincas del Real Patrimonio o Reales Sitios eran las que siguen, según el duque de Almazán, 1934: la Casa de Campo, palacio y bosque de El Pardo, bosque de la Sagra, palacio y bosque de la Zarzuela, palacio Real de Valladolid y su ribera, palacio y bosque de Lomo de Grullo, Casa Real de la Fuenfría, palacio y bosque de Valsaín, casa y bosque de La Quemada, palacio y bosque del Albrojo, casa y bosque del Madrigal, palacio y bosque de Aranjuez, soto de Roma, palacio y bosque de El Escorial, palacio y bosque del Buen Retiro. (López Ontiveros, 1993). Los paisajes naturales fueron evolucionando al tiempo que lo hacía su uso. Así, durante el gobierno de la dinastía de los Austrias, estos terrenos eran dedicados fundamentalmente a caza, mientras que durante el reinado de los Borbones se dedicó más a uso recreativo y de paseo. Durante la Ilustración, algunos de estos terrenos se utilizaron como laboratorio para aplicar las nuevas prácticas agrícolas, lo que convirtió muchos de estos lugares en paisajes humanizados, el más notable de ellos en Aranjuez, con alto valor cultural e histórico, además de mantener su importancia ecológica. (Gómez y Atienza, 1998).

3.2. Evolución del espacio natural

Gracias a la presencia de los Reales Sitios existen amplísimas áreas verdes dentro del municipio de Madrid y su entorno. Algunos de estos lugares estaban unidos durante el siglo XVI, como El Escorial con el Real Sitio de El Pardo y este con el Soto de Viñuelas, si bien durante los siglos posteriores se fueron vendiendo propiedades de manera que quedaron aislados. Muchos de estos sitios han conseguido preservar la vegetación y suelos originales, aun estando muy próximos a un núcleo urbano en continua expansión como es la capital de España. Otros han desaparecido debido a la edificación, como el Real Sitio de la Florida (último en constituirse y primero en disgregarse), integrado en la ciudad de Madrid y situado en lo que hoy es Príncipe Pio, paseo de Rosales y Moncloa. De este antiguo Real Sitio queda ya solo el Parque del Oeste, los terrenos del Palacio de la Moncloa y la ermita de San Antonio de la Florida, este último integrado en la actualidad en el Patronato Real de Patrimonio Nacional.

Pero no solo la extensión de la ciudad de Madrid afectó a estos lugares. La demanda de bienes suntuarios que protagonizaba la Corte atrajo hacia los Reales Sitios a algunas de las grandes manufacturas del siglo XVIII lo que afectó a los espacios naturales. Así, el establecimiento, en 1734, de la Real Fábrica de Vidrios y Espejos, impulsó el crecimiento urbano de San Ildefonso en detrimento de los bosques que los rodeaban, que fueron reduciéndose. Además de la caza estos espacios también se utilizaron para explotar recursos forestales y ganaderos y, en el caso de Aranjuez, sus recursos fluviales, con la utilización agrícola de la vega del río Tajo y la creación de áreas de recreo con amplios jardines. Por estas razones y otras de índole política, los Reales Sitios fueron disminuyendo su patrimonio natural a través de los siglos. En el siglo XIX hubo importantes cambios que afectaron a estos lugares. Urteaga y Camarero (2014a) señalan que en este siglo se enajenaron muchas de las propiedades. En total, se pusieron en almoneda dos terceras partes de la superficie de los antiguos Sitios Reales. En concreto, se declararon segregados y enajenables los siguientes bienes: algunas propiedades forestales correspondientes a los Reales Sitios de San Lorenzo de El Escorial y La Granja de San Ildefonso y parte de los de Aranjuez. En el Escorial se vendieron todos los montes, menos el de la Herrería. En San Ildefonso fueron enajenadas las Matas de Valsaín, pasando a dominio particular unas 3.000 hectáreas de monte. La enajenación más importante de El Pardo tuvo lugar a raíz de la revolución de 1869, cuando se vendieron en pública subasta como bienes nacionales las posesiones de la Moraleja y el Soto de Viñuelas (Sancho, 1995). En el caso de Aranjuez se segregó una gran parte de su territorio, aunque la enajenación no fue inmediata, ni completa; pero sí suficientemente desordenada y confusa como para dar lugar a una polémica política que se extendió hasta la Restauración. Las tierras regadas de la huerta de Aranjuez fueron vendidas casi de inmediato. Los nuevos propietarios adquirieron junto con la tierra el derecho al uso de las aguas para riego. El Estado retuvo tan sólo 913 hectáreas en la zona regada, incluyendo entre ellas 220 dedicadas a jardines. Asimismo, en 1931, la Casa de Campo, que había sido creada por Felipe II en la década de 1550 con el fin de dotar de una zona boscosa y de un soto de caza al alcázar, se convirtió en propiedad del ayuntamiento de Madrid (Sancho, 1995). Así, del antiguo conjunto de Reales Sitios tan sólo se dejó intacto el Real bosque de Riofrío.

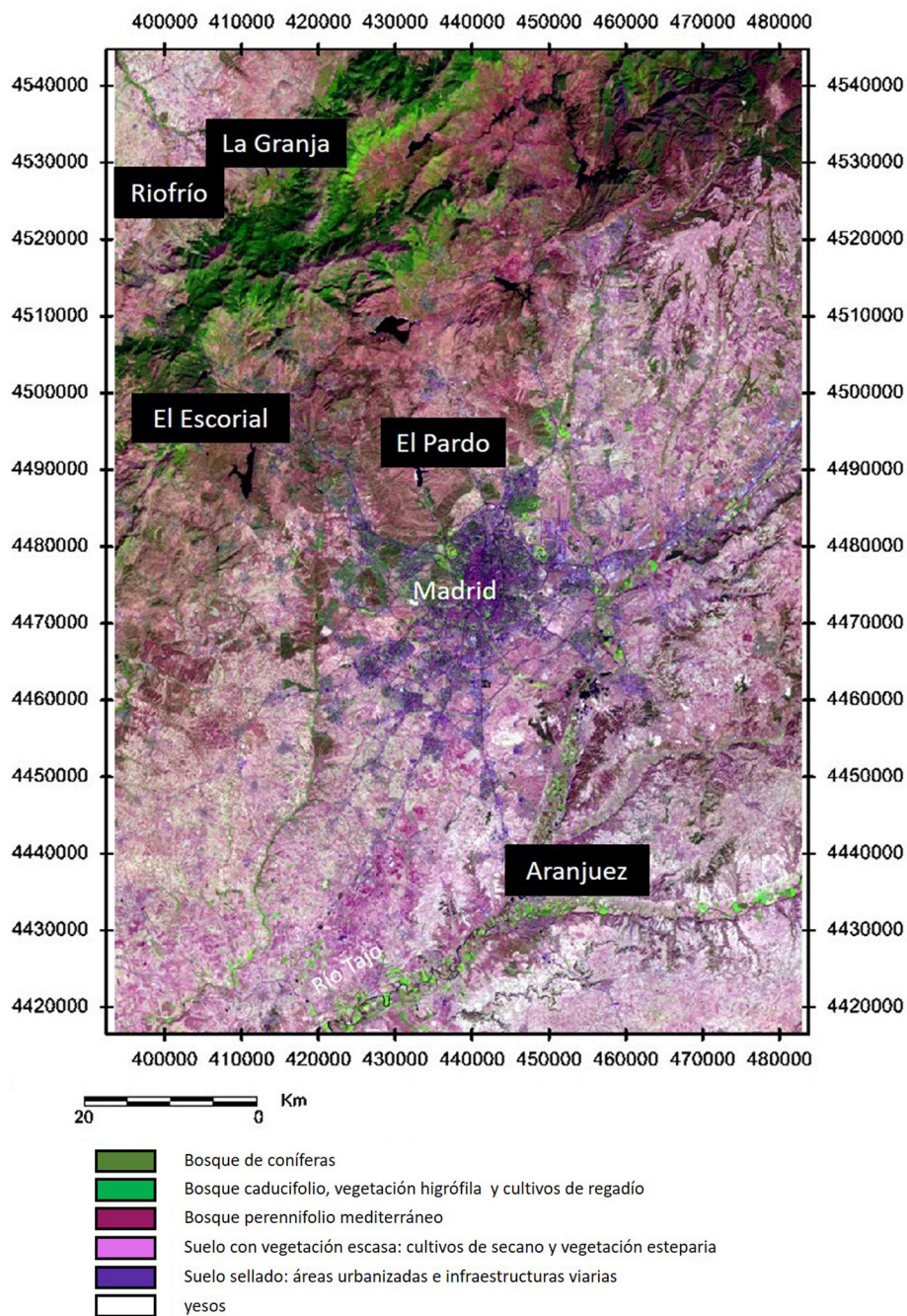
Durante la década de 1860 la Junta General de Estadística desarrolló una amplia labor cartográfica para dar cumplimiento a la Ley de deslinde del Patrimonio de la Corona (1865), que ordenaba inventariar y cartografiar los Sitios Reales. En sucesivas campañas topográficas, en las que tomaron parte más de un centenar de geómetras y parceladores, llegaron a levantarse más de 60.000 hectáreas de las posesiones reales en las provincias de Madrid y Segovia. En total, se dibujaron alrededor de 2.750 hojas de mapas a distintas escalas. La evolución de estos lugares se puede ver en los mapas que posee el Instituto Geográfico Nacional y que Urteaga y Camarero (2014a y 2014b) han recogido y analizado en sus estudios.

En la actualidad, como se puede observar en la imagen del satélite Landast 8 de octubre de 2018 (Figura 2), los espacios naturales de San Ildefonso-La Granja y Riofrío están prácticamente unidos con una amplia vegetación forestal. Asimismo, a través de las cimas del Sistema Central enlazan con los parajes de Cuelgamuros y El Escorial. Por el contrario, la unión que existía en siglos pasados entre estos Reales Sitios y el Real Sitio de El Pardo ha quedado rota con una importante fragmentación de los paisajes naturales debido a la presencia de infraestructuras viarias y urbanizaciones (en tono azul oscuro) que separan ambos parajes, si bien puede haber algunos pasos entre El Pardo y El Escorial a través de los montes de encinas y dehesas. Alejado de ellos se localiza el Real Sitio de Aranjuez separado por la ciudad de Madrid y municipios del área metropolitana, así como por las importantes infraestructuras viarias asociadas a ella.

En la imagen se observa en verde los bosques de robles y coníferas en el Sistema Central (La Granja, Riofrío y El Escorial) y las parcelas de cultivos de regadío y vegetación higrófila en las proximidades de Aranjuez. En violeta oscuro, bosques de formaciones mediterráneas (encinar) en El Pardo. En azul oscuro áreas urbanizadas e infraestructuras viarias. En el sureste de la imagen se observa en tonos muy claros el paisaje estepario y las parcelas de secano que están en barbecho o en las que aún no han crecido los cultivos. Los afloramientos de yeso aparecen en tonos blanquecinos en las proximidades del Real Sitio de Aranjuez.

La cartografía de estos parajes naturales se puede realizar mejor obteniendo el Índice de vegetación de la Diferencia Normalizada (Figura 3) en la que destaca en color blanco la presencia de las masas forestales que unen los Reales Sitios en el noroeste de la imagen. También se ve, en tonos claros, la vegetación de ribera de los ríos Tajo y sus afluentes, que sirven además de corredores ecológicos para la fauna.

Figura 2. Imagen en falso color del satélite Landsat 8, 3-10-2018. Bandas 6-5-4 (R-V-A)



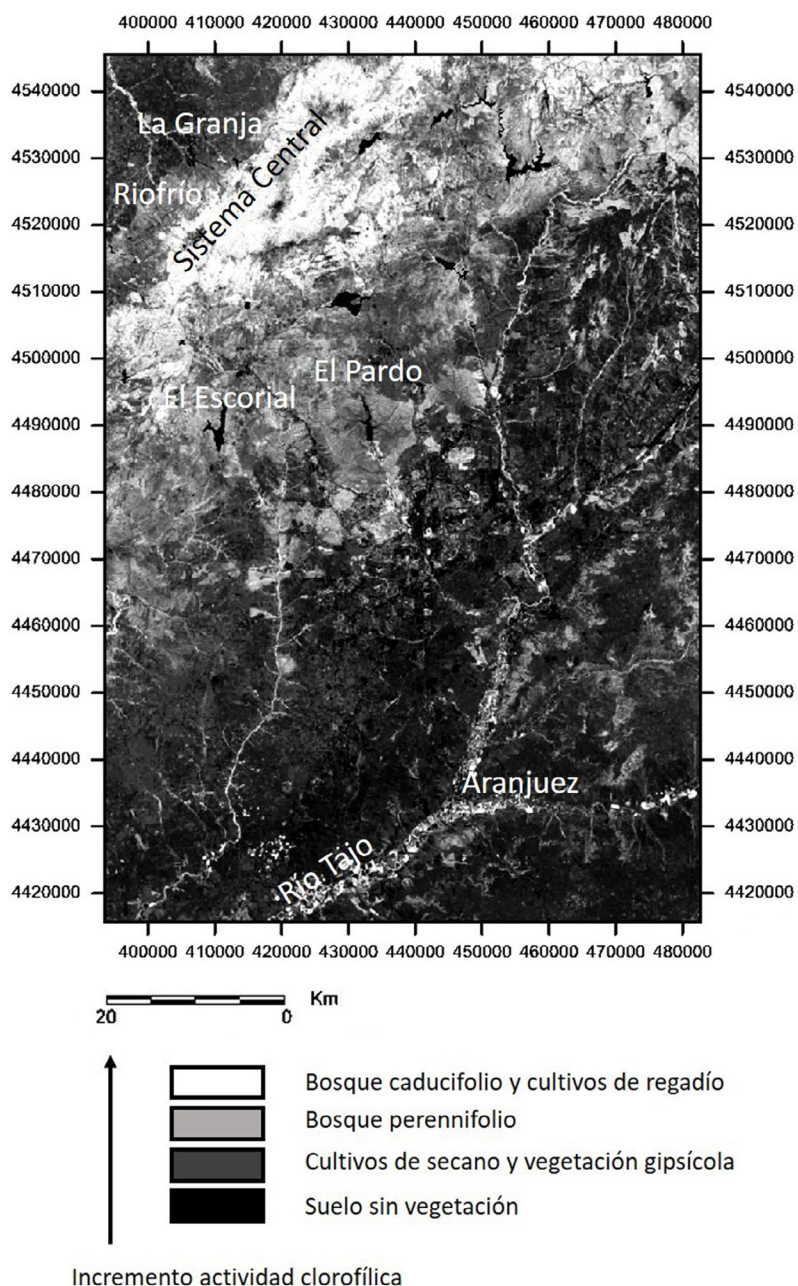
Fuente: <http://glovis.usgs.gov/>. Elaboración propia

En la imagen se observa en tonos blancos la vegetación que tiene más actividad clorofílica correspondiente a bosques caducifolios y parcelas de cultivos en regadío. En gris claro la vegetación perennifolia, tanto los bosques de coníferas como las formaciones de encinares y coscojares. En negro, suelos desnudos o sellados y las masas de agua.

Con la imagen de satélite se ha realizado una clasificación supervisada para tratar de cartografiar con más precisión los paisajes naturales asociados a los Reales Sitios (Figura 4). Se han establecido siete clases: vegetación de frondosas y regadíos, bosques de coníferas, vegetación mediterránea, suelos desnudos (bien por estar en barbecho o por no tener apenas vegetación), suelos sellados por viviendas e infraestructuras y agua.

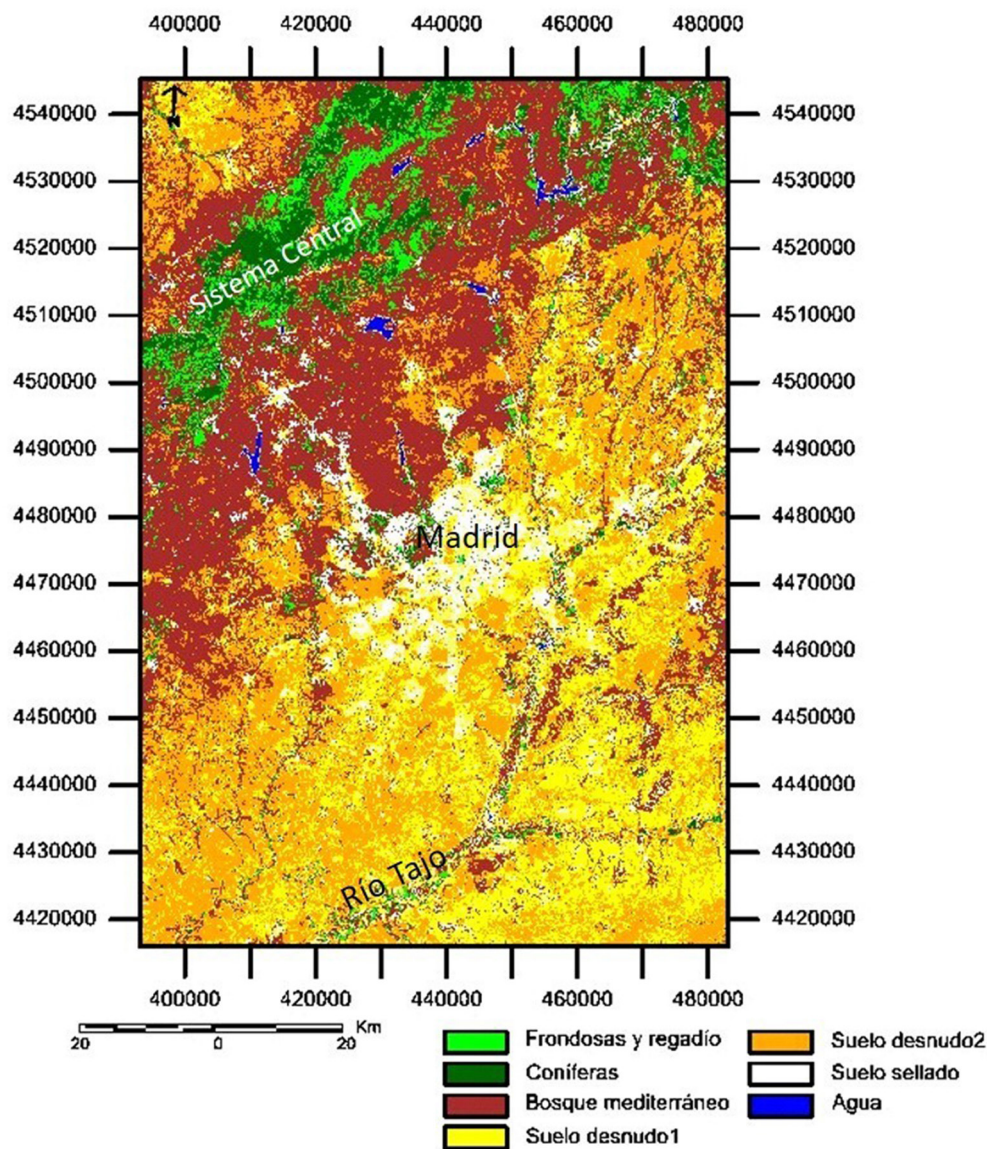
En esta clasificación se puede observar cómo existe una unión en los bosques de Riofrío, La Granja de San Ildefonso y El Escorial, por lo que ambas áreas con vegetación de coníferas y/o frondosas permanecen unidas a los dos lados del Sistema Central. Por el contrario, en las proximidades de El Monte de El Pardo se puede observar que el sellado de suelo ha fragmentado su unión con los Reales Sitios situados en el Sistema Central. Esta fragmentación constituye un importante deterioro de los ecosistemas, ya que, según Rodríguez y Martínez (2019), los cambios en los usos del suelo tienen como consecuencia inevitable la parcelación y erradicación progresiva de los hábitats originales, que van reduciendo su tamaño y quedando aislados, separados entre sí por una matriz de hábitats de nueva creación. Los principales resultados de esta fragmentación son la pérdida y degradación del hábitat y la pérdida de conectividad (Herrera y Díaz, 2013), lo que reduce de forma significativa la viabilidad futura de los ecosistemas y, por ende, de la biodiversidad (C.A.M., 2010).

Figura 3. NDVI (B5-B4/B5+B4) de la imagen Landsat 8 del 3-10-2018



Fuente: <http://glovis.usgs.gov/>. Elaboración propia

Figura 4. Clasificación supervisada de la imagen Landsat 8



Fuente: <http://glovis.usgs.gov/>. Elaboración propia

También se puede observar en este mapa cómo en Aranjuez se mantiene un importante corredor fluvial formado por vegetación higrófila y parcelas de regadío.

Aproximadamente el suelo sellado en la escena analizada ocupa unas 86.000 hectáreas, frente a unas 512.000 hectáreas de vegetación natural.

3.2.1. Real Sitio de el Monte de El Pardo

En 1405 el rey Enrique III de Castilla mandó construir una quinta de caza en medio del Monte de El Pardo. Ampliada en tiempos de Enrique IV, la quinta fue demolida durante el reinado de Carlos I, y sustituida por un palacio de jornada, proyectado por el arquitecto Luis de Vega. Durante el reinado de Fernando VI los dominios del Real Sitio se ampliaron mediante la adquisición del Monte de Viñuelas, que fue incorporado en 1751. El rey Carlos III le dio el impulso definitivo. Durante su reinado, el arquitecto Francisco Sabatini reordenó por completo las fachadas del Palacio Real, y se reformaron los jardines anexos. Muy cerca del Palacio Real se construyó un pequeño palacete, denominado la Casita del Príncipe, utilizado como lugar de descanso por los príncipes de Asturias, Carlos y María Luisa. También se procedió

a la ampliación y renovación de la pequeña población de El Pardo, que había crecido en las proximidades del Palacio (Urteaga y Camarero, 2014a). En 1762, El Pardo, ya como propiedad real, se extendía desde Alcobendas a Torreloz de este a oeste, y desde Colmenar a Madrid por la línea norte sur. Sin embargo, su extensión se fue reduciendo a lo largo de los años. En el levantamiento del plano realizado entre 1861 y 1866 tenía, junto al Soto de Viñuelas, 19.807 Ha, (Urteaga y Camarero, 2014a).

En la actualidad tiene una superficie de 15.821 hectáreas, cerrado por una cerca de casi 100 km de longitud que mandó construir Fernando VI y El Soto, aislada de él, unas 2.900 Ha y como se observa en las imágenes de satélite estas áreas apenas están unidas por una pequeña franja de bosque mediterráneo. Existe una amplia zona donde se ha sellado el suelo por infraestructuras y urbanizaciones, especialmente, hacia el noroeste (Figuras 2 y 3).

Por esta razón el espacio natural que unía los diferentes Sitios Reales del noroeste de Madrid se fragmentó. Aun así, el Monte de El Pardo se preservó casi en su totalidad, como se puede observar en la imagen de satélite y en la clasificación de ocupación del suelo realizada a partir de ella (Figura 4) Al ser un coto de caza durante siglos, ha escapado a la destrucción del entorno natural que sí se ha producido en áreas próximas, debido al sellado de suelo como consecuencia del crecimiento de la capital. Aun así, a lo largo del siglo XX se segregaron numerosos terrenos para edificación e infraestructuras como la Nacional VI. A pesar de ello se preserva la mayor parte del territorio, ya que el área protegida supera las 14.750. Ha. Es un testimonio del paisaje de antaño, un lugar en el que se mantiene la fauna y la flora originales, donde existe además un centro urbano, El Pardo, integrado a dicho espacio natural y una residencia real, el Palacio de El Pardo, donde se conserva un importante conjunto arquitectónico y artístico.

Actualmente, se encuentra dentro del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, constituido en 1985 mediante la Ley 1/1985 de 23 de enero y que ha sido objeto de sucesivas modificaciones posteriores, de las cuales las más destacadas corresponden a las ampliaciones de los años 1987 y 1991. Aunque el Parque cuenta con un Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG), aprobado en 1987 y revisado en 1995, que regula los distintos parajes incluidos, el Monte de El Pardo depende de Patrimonio Nacional por lo que su protección es aún mayor, ya que este Organismo impide las visitas públicas en gran parte de su extensión. El 15 de febrero de 1993, el parque regional de la Cuenca Alta del Manzanares recibió la declaración de Reserva de la biosfera por parte de la Unesco y, más tarde, el Monte de Viñuelas fue reconocido como Zona Especial de Protección para Aves (ZEPA). Este monte está incluido en la Red Natura 2000, en el LIC de Guadarrama y en la ZEPA, por lo que, a pesar de su fragilidad, queda protegido. Además 15.289 Ha del monte han sido declaradas Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA), con el objeto de conservar y proteger el águila imperial ibérica.

El Monte de El Pardo, caracterizado por dos paisajes representativos, la dehesa y la vegetación de ribera, está formado por sedimentos miocenos de arenas y arcosas, con materiales cuaternarios en las vegas de los ríos (Instituto Geológico y Minero de España [IGME], 1989, 2000), sobre los que se desarrollan Cambisoles eútricos, Regosoles dísticos y Arenosoles (Monturiol y Alcalá, 1990a), que sustentan un paisaje adhesionado de monte arbolado, constituyendo uno de los bosques mediterráneos mejor conservados de la península ibérica. Comprende la vega del Manzanares, incluido el embalse de El Pardo y los depósitos terciarios de arcosas sobre los que se desarrollan encinas y coscojas, con presencia de alcornos, quejigos, enebros y vegetación higrófila de ribera (sauces, olmos, fresnos, chopos, etc.). La vegetación arbustiva es la característica de las formaciones de durifruticeta con presencia de retamas, jarales y plantas aromáticas. La fauna tiene mucha importancia puesto que en este monte habitan jabalíes, ciervos, gamos, zorros y numerosas especies de aves entre ellas el águila imperial, el buitre negro y el búho real. La poca consistencia de sus materiales y la fragilidad de sus suelos es responsable de que tenga una baja capacidad agrológica (clases C y D, Monturiol y Alcalá, 1990b) con alto riesgo de erosión, por lo que su protección es imprescindible.

El mismo tipo de materiales, suelos y vegetación se localiza en el Soto de Viñuelas. Ambos parajes, unidos en el pasado, se encuentran ahora separados al norte por el municipio de Tres Cantos y sus infraestructuras viarias asociadas y, al sur, por Alcobendas y San Sebastián de los Reyes, aunque, como se observa en las imágenes de satélite (Figuras 1 y 2), hay una estrecha franja de monte que permite el intercambio de fauna terrestre.

3.2.2. Real Sitio de San Lorenzo de El Escorial

En 1561 Felipe II decidió la actual ubicación del Monasterio y adquirió los terrenos donde habría de construirlo, así como los colindantes necesarios para crear un coto real de caza y disponer de pastos para

el ganado y huertas de abastecimiento de los monjes. Todo ello lo cercó con un muro de piedra de 2 m de altura y 50 Km de perímetro (Cerca Histórica de Felipe II). Hacia finales del siglo XVI, los límites del Real Sitio de El Escorial eran extraordinariamente vastos, teniendo una continuidad física con los lindes del Monte de El Pardo. La inmensa mayoría de estas propiedades fueron vendidas en 1870 por el Estado a particulares, como consecuencia de las leyes desamortizadoras del Sexenio Revolucionario, y sólo se conservan adscritas al Patrimonio Nacional las fincas de La Herrería, El Cerrado, El Romeral y El Navazo de la Pulga. En el siglo XVIII se construyeron dentro de la Herrería las Casitas del Príncipe y del Infante con sus respectivos parques y jardines (Patrimonio Nacional, 1997).

El Monasterio de El Escorial, situado en la vertiente meridional de la Sierra de Guadarrama, fue el verdadero centro político de la Monarquía Hispánica durante el último tercio del siglo XVI. Alrededor del monasterio se constituyó un extenso señorío, con una superficie superior a las 10.000 ha. La construcción del gigantesco monasterio, iniciada en 1563, transformó por entero el sistema de asentamientos preexistente, comenzando por la pequeña aldea de El Escorial convertida en una villa de realengo (Urteaga y Camarero, 2014b).

El entorno natural de la Herrería y del monte de Abantos en San Lorenzo de El Escorial recibieron en el año 1961 un distintivo nacional al ser considerados legalmente cada uno de ellos como Paraje Pintoresco, y en ese mismo año se les concedió la protección de Bienes de Interés Cultural, bajo la categoría de Sitio Histórico, calificaciones jurídicas que condicionan la conservación y las actuaciones que pueden ser llevadas a cabo en este lugar, controlándose mucho más, desde el punto de vista urbanístico y edificatorio, que otros espacios. Este hecho se ve reforzado por la declaración de Monumento y Sitio del Patrimonio de la Humanidad, que fue concedida en el año 1982 (Mínguez, 2007).

Los terrenos sobre los que se asienta el Real Sitio están formados por materiales sedimentarios de bloques y cantos de granito en San Lorenzo de El Escorial, adamellitas biotíticas en El Escorial y ortoneis glandulares y leuconeis al norte del mismo, con glaciares cuaternarios en La Herrería (IGME, 1990). Los suelos corresponden a Cambisoles déstricos y Umbrisoles y, en las áreas con más pendiente, a Leptosoles líticos. Su uso está condicionado por la pendiente, perteneciendo a la clase agrológica D con riesgo de erosión y poco espesor del suelo (Monturiol y Alcalá, 1990b). Desde su construcción tuvo mucha importancia su uso agroforestal y ganadero, con pastos y bosques en las zonas altas y un paisaje de dehesas en las zonas más bajas. Sobre los Cambisoles y Umbrisoles, se desarrolla un bosque formado, en su mayor parte, por robles. En menor medida aparecen castaños, arces, enebros, sauces, y, en las zonas más húmedas, fresnos. El estrato arbustivo está dominado por las retamas y genistas. Gran parte de su superficie constituye una dehesa con presencia de pastos. Los mamíferos más emblemáticos que habitan el bosque son los corzos, los jabalíes, los zorros y las garduñas, con presencia del gato montés y la nutria. Hay multitud de pequeñas aves insectívoras como herrerillos, carboneros, papamoscas; y otras como mochuelos, arrendajos, y pájaros carpinteros. Destacan la presencia de cormoranes, abejero europeo, pico menor y la chova piquirroja (<https://www.patrimonionacional.es>). Mediante el decreto 2418/1961, de 16 de noviembre (B.O.E. nº 292 de 07/12/1961) se protege una superficie de aproximadamente 1.171 ha situadas mayoritariamente en San Lorenzo de El Escorial y, en menor medida, en Santa María de la Alameda denominado Paraje Pintoresco de El Pinar de Abantos y zona de la Herrería. Combina extensiones de un espeso pinar (Monte Abantos) y de una amplia zona en la que predominan los quejigos y los fresnos (La Herrería).

Al municipio de San Lorenzo de El Escorial corresponde también el valle de Cuelgamuros, formado por materiales graníticos con desarrollo de Cambisoles y, en las zonas con más pendiente, Umbrisoles y Leptosoles. El bosque es de repoblación con presencia de pinares de *Pinus sylvestris* y *Pinus pinaster*. Según Patrimonio Nacional (<https://www.patrimonionacional.es/>), “Cuelgamuros presenta una gran diversidad de comunidades vegetales: pinares de pino resinero y pino silvestre, rebollares mixtos, fresnedas, cipreses y arizónicas, praderas, choperas, abedulares, alisedas y saucedas, destacando la existencia de un hayedo naturalizado, enebros, tejos centenarios o singulares alcornoques, y de paisajes: roquedos, canchales, barrancos, praderas o bosques en galería”.

Tanto los paisajes pertenecientes al Real Sitio de El Escorial como el valle de Cuelgamuros están incluidos en la Red Natura 2000, pertenecientes al LIC de la Cuenca del Guadarrama Con 34.109 hectáreas de superficie conforma un espacio que queda determinado por el eje del río Guadarrama y por los relieves serranos de la zona de Abantos y La Herrería en San Lorenzo de El Escorial, y la zona del Embalse de la Jarosa en el municipio de Guadarrama. Este LIC queda conectado con el de la Cuenca del río Manzanares y con el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares. Los ríos Guadarrama y Manzanares ejercen

de corredores verdes manteniendo todas las relaciones ecológicas, la vegetación higrófila de ribera y su fauna asociada y la unión de los bosques caducifolios y perennifolios de la ladera sur de la Sierra.

El 15 de junio de 2006, se realizó la última de las Declaraciones de Bien de Interés Cultural en uno de los Reales Sitios y ha servido para declarar íntegramente al Real Sitio de San Lorenzo de El Escorial como Territorio Histórico. Este espacio queda constituido por el ámbito delimitado por la Cerca Histórica de Felipe II, lo que supone una superficie de 99 millones de metros cuadrados que, con su entorno de protección, alcanza 120 millones de metros cuadrados, limitados por un territorio que se extiende por los municipios de San Lorenzo de El Escorial y El Escorial y una pequeña parte de Zarzalejo y Santa María de la Alameda.

3.2.3. Real Sitio de La Granja de San Ildefonso y Riofrío

Dentro de la red de Reales Sitios que rodean la ciudad de Madrid, el de San Ildefonso ocupa un lugar especial. Es el más alejado de la capital, el único situado fuera de la provincia de Madrid, el más boscoso y el de relieve más accidentado. La posesión real de San Ildefonso tiene su límite oriental y meridional en la línea de cumbres de la Sierra de Guadarrama, que separa las provincias de Segovia y Madrid, y que alcanza su máxima altura en Peñalara (2.428 m). Desde las cimas de la Sierra el terreno desciende abruptamente hasta alcanzar la planicie segoviana, sobre los 1.200 m de altitud. La vertiente septentrional de la Sierra está poblada por densos bosques de roble y pino silvestre, conocidos como los Pinares de Valsaín. La superficie del Real Sitio supera las 14.000 hectáreas, de las cuales casi un 80% son bosques (Urteaga y Camarero, 2014b).

Los bosques de Valsaín ya eran coto de caza de los reyes castellanos en la Edad Media. En 1720, tras el incendio del palacete de Valsaín, Felipe V decidió comprar a la comunidad de frailes jerónimos la granja y los edificios y terrenos anejos que tenían en San Ildefonso, para construir en aquel lugar un palacio y sus correspondientes jardines. En 1723 y 1735 se adquirieron terrenos colindantes que pertenecían a la ciudad de Segovia y a la Noble Junta de Linajes, para ensanchar el parque y regularizar su perímetro (Sancho, 1995). Durante el reinado de Felipe V, San Ildefonso ingresó en el sistema de Sitios Reales que la Corte utilizaba de modo itinerante (Bonet, 2000).

Los terrenos de Riofrío fueron arrendados a principios del siglo XVIII, por Felipe V como coto de caza. En 1751 Isabel de Farnesio los adquirió con el objetivo de levantar el actual Palacio. Posteriormente, la Reina incrementó la extensión de la finca mediante la adquisición de terrenos colindantes a base de compras y permutas. Otras incorporaciones se llevaron a cabo durante los reinados de Carlos IV e Isabel II, resultando un bosque que no fue afectado por las ventas de propiedades del Real Patrimonio en el siglo XIX. Se encuentra rodeado en todo su perímetro por una tapia de mampostería. Situado a 15 km del núcleo municipal, San Ildefonso, tiene una extensión de 640 Ha y constituye una importante reserva ecológica y biológica en los cuatro ecosistemas que lo representan: encinar, sabinar, rebollar y fresneda, (Sancho y Aparicio (2012).

Los Reales Sitios de la Granja y Riofrío localizados en las estribaciones del Sistema Central en la provincia de Segovia con una altitud entre los 1.086 m. y 950 m se asientan sobre materiales ígneos del Paleozoico, adamellitas porfídicas en La Granja y ortoneis glandulares en Riofrío (IGME, 1991). Los suelos corresponden a Ranker, Cambisol húmico y dístrico, Litosuelos y Gleysol húmico (Forteza *et al.* 1987; Gallardo, Álvarez y Cala, 1988), Cambisoles húmicos en Valsaín (Jiménez, García, Polo y Almen-dros, 1981) y en San Ildefonso (Nicolás y Gandullo, 1969). La vegetación dominante está constituida por robles (*Quercus pirenaica*) y pinos (*Pinus sylvestris*), explotados desde la Edad Media para madera, con enclaves de quejigos (*Quercus faginea*) y arces de Montpellier, con sotobosque de retamas y plantas aromáticas y, en las riberas del río Riofrío, vegetación higrófila de chopos y álamos. La diversidad faunística del bosque de Riofrío es considerable con más de 50 especies de aves, entre ellas el buitre leonado y el buitre negro. También lo habitan numerosas especies de mamíferos (ciervo, gamo, conejo, tejón, zorro, gineta y comadreja) y reptiles. En total hay 102 especies catalogadas, de las que 42 están protegidas y 8 en peligro de extinción. El bosque de Riofrío está dentro del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la cuenca del río Riofrío y está incluido en la Red Natura 2000 con el título de “lugar de interés comunitario” (LIC). Está situado dentro de la zona de especial protección de aves (ZEPA) “Valles del Voltoya y el Zorita” y zona de especial conservación (ZEC). En la Granja de San Ildefonso casi la totalidad de su territorio está incluido en la zona ZEPA (Zona de Especial Protección de Aves) y ha sido declarado Parque

Nacional en el año 2013. También ha sido incluido en la Red de Reservas de la Biosfera, ya que cuenta con especies protegidas como el águila imperial y el buitre negro. El Real Sitio de San Ildefonso tiene 5.008 Ha dentro del Parque Nacional de Guadarrama, un 34,6% del territorio. En la zona periférica de protección tiene 7.822 Ha un 54% del municipio. La declaración del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama ha supuesto cambios en la protección de los Montes de Valsaín. Parte de su superficie, 3.326 ha, se han incorporado al Parque Nacional, y las 7.011 ha incluidas dentro de la Zona Periférica de Protección adquieren un régimen jurídico especial, similar al de un Parque Nacional, excepto en lo que al aprovechamiento forestal comercial de madera y al aprovechamiento hidroeléctrico del Salto del Olvido se refiere. En la Red Natura de la Junta de Castilla y León (2000) (<https://rednatura.jcyl.es/natura2000/inicio.html>), tanto Riofrío como Valsaín son ZEPA y LIC y San Ildefonso está en el límite entre ZEPA y LIC.

Por tanto, los parajes naturales de estos Reales Sitios constituyen una importante unidad ecológica bien preservada que permite enlazar estos terrenos con los del Real Sitio de El Escorial. En las Figuras 2, 3 y 4 se observa cómo todos estos parajes continúan unidos mediante áreas arboladas.

3.2.4. Real Sitio de Aranjuez

Frente a los Reales Sitios localizados al noroeste de Madrid, Aranjuez tiene un paisaje totalmente diferente. Situado en la confluencia de los ríos Tajo y Jarama, en el sureste de la Comunidad de Madrid, la localidad se asienta en la vega del río Tajo. Rodeado por cerros de materiales calizos y yesos con una vegetación rala y esteparia, la vega está fuertemente antropizada. En ella se mezclan la vegetación higrófila, que constituye bosques en galería, con las parcelas de cultivos de regadío, un paisaje caracterizado por sotos y huertas. Las vegas del río Tajo, incluidas en el Real Sitio de Aranjuez, tienen gran importancia ecológica, puesto que albergan una gran biodiversidad y permiten el intercambio de fauna a través de los corredores fluviales (Figuras 2, 3 y 4).

Los orígenes del Real Sitio se remontan a la Baja Edad Media, cuando Maestres de la Orden de Santiago construyeron un pequeño palacio dotado de huertas y jardines. El palacio, y la posesión, pasaron a dominio real en el reinado de los Reyes Católicos. Posteriormente, en la época de Carlos I, se inició el programa constructivo para dotar al lugar de una espaciosa residencia real, y se acometieron importantes obras para establecer la red hidráulica que transformó la huerta comprendida entre el Tajo y el Jarama en un vergel. Desde el siglo XVI fue un lugar de recreo para la familia real. Al igual que en los otros Reales Sitios, los Borbones reformaron y ampliaron los jardines palaciegos y el área edificada. Un cambio decisivo se produjo a mediados del siglo XVIII, cuando Fernando VI autorizó el libre establecimiento de personas en Aranjuez. A partir de 1752 se inició la construcción de una población de trazado regular, al sur y al este del Palacio Real, siguiendo los presupuestos ilustrados, que creció con vigor en pocas décadas. El Real Sitio de Aranjuez ofrecía a mediados del siglo XIX, un paisaje intensamente humanizado. El levantamiento topográfico ejecutado por la Junta General de Estadística ha permitido conocer los usos del suelo en aquel lugar, que tenía una superficie próxima a las 19.000 ha. Dos tercios del terreno estaban ocupados por sotos arbolados y monte bajo, pero los cultivos y tierras de labor tenían una presencia mucho más destacada que en las otras posesiones reales. En 1865 se dedicaban 2.211 hectáreas a cereal, 1.453 a pastos y 605 a olivar y viñedos. Y aún más significativo, los jardines ocupaban 152 hectáreas, y los ríos, arroyos y acequias otras 979 hectáreas, un 5% de la superficie total (Urteaga y Camarero, 2015).

El paisaje de Aranjuez es muy característico y es representativo del Sureste de Madrid. Constituido por sedimentos de yesos y lutitas rojas y verdes (IGME, 2010) sobre los que se desarrollan Gipsisoles cálcicos, Calcisoles háplicos y Regosoles cálcicos, tienen vegetación gipsícola y halófitas con numerosos endemismos. Además, en las vegas de los ríos Tajo y Jarama se localizan arenas y gravas del cuaternario con formación de Fluvisoles y vegetación higrófila de ribera o cultivos de regadío. La clase agrológica de estas vegas corresponde a la categoría A, muy fértiles, pero al sur, en el mar de Ontígola, corresponde a las categorías C o D con riesgo de erosión y salinización y hacia el norte de la ciudad, categorías B y D con riesgo de erosión (Monturiol y Alcalá, 1990b). Son espacios que cuentan con una gran riqueza en aves, insectos y mamíferos acuáticos.

Los sotos tienen una gran biodiversidad y, aunque son áreas de protección ZEPA, están muy condicionados por el uso que se hace como vía de entrada a la ciudad. En las huertas dominan las llanuras aluviales, las terrazas y los fondos de valle. Se diseñaron en época de Felipe II y fueron ampliadas durante el reinado de los Borbones, quienes buscaban la armonía del territorio de Aranjuez mediante la vegetación.

Carlos III las propuso para verificar los modelos de explotación agronómica de la época, es decir, se trataba de un campo experimental donde se plasmaban las ideas fisiocráticas, agrícolas, ganaderas, científicas y sociales que sirvieron para activar el progreso en este lugar, desde una visión ilustrada (Martínez-Atienza, 1999). Tradicionalmente, la huerta se basaba principalmente en los cultivos de regadío, habiendo quedado relegada en la actualidad, por la importante urbanización que ha sufrido este espacio.

El valor singular de las huertas y los sotos hizo que fueran declarados Conjunto Histórico Artístico en 1983, y considerados Bienes a Proteger, por su originalidad, según el Plan General de Ordenación Urbana de Aranjuez de 1996. Además, debido a que los sotos son uno de los ecosistemas más complejos y valiosos por su capacidad de albergar especies vegetales y animales, han sido merecedores de la protección de la UE a través de los “Carrizales, sotos de Aranjuez, Cortados y Cantiles de los ríos Jarama y Manzanares” y las de “Zonas de Especial Protección de Aves”. En los sotos se empezaron a trazar paseos en el siglo XVI y en la actualidad hay más de 30 km. Se inician, entre las confluencias de los ríos Tajo y Jarama, con Felipe II, continúan con Felipe III y finalizan con Carlos III. Servían para separar áreas de cultivos, para pasear y para acceder a determinados lugares. Sus árboles se explotaban como madera. Del sotobosque original aún se conservan las formaciones vegetales más próximas al cauce como especies arbóreas como el álamo y el fresno acompañadas por un rico estrato arbustivo y herbáceo entre los que destacan los sauces, tarayes, majuelos, zarzamoras (<http://www.aranjuez.es/>).

Aunque siempre se ha dado más valor a los sotos y huertas incluidos en el Real Sitio, también es importante preservar el paisaje de cuestras, páramos y lagunas que rodean al municipio caracterizados por vegetación calcícola, gipsícola y halófito, con numerosas especies endémicas y gran valor ecológico (Martínez, Martín, Romero y García, 2003) y que funcionan también como corredores ecológicos. Estas unidades paisajísticas son consideradas “Lugares de Interés Comunitario” (LIC) y el Regajal y el Mar de Ontígola cuentan con la declaración de Reserva Natural que protege un enclave natural de gran valor, tanto por su importancia natural, como urbanística. El Mar de Ontígola se construyó como un embalse desde el que se regaban las huertas y los jardines en el siglo XVIII. Esta zona cuenta, mediante la Ley 7/1990 de 28 de junio, con un régimen específico establecido para la protección de los embalses y de las zonas húmedas de la Comunidad de Madrid y desde el año 1994 es considerado Espacio Protegido, poniendo de manifiesto sus valores históricos, medioambientales y botánicos, especialmente, entomológicos. Tiene numerosos endemismos.

La Delegación de Medio Ambiente, Parques y Jardines y Agricultura señala en el *Libro Blanco de Aranjuez* (2015) que de una superficie total de 18.902,47 ha, Aranjuez cuenta con 15.426,53 hectáreas incluidas en el Espacio Protegido Red Natura 2000 lo que supone un porcentaje de 81,61 % de su territorio incluido en Zona de Especial Conservación (ZEC). La declaración como Zona Especial de Conservación (ZEC) del Lugar de Importancia Comunitaria “Vegas, Cuestras y Páramos del Sureste de Madrid” está regulada por Decreto 104/2014, de 3 de septiembre, del Consejo de Gobierno, en donde se aprueba el Plan de Gestión y el de las Zonas de Especial Protección para las Aves “Carrizales y Sotos de Aranjuez” y “Cortados y Cantiles de los ríos Jarama y Manzanares” y Reserva Natural El Regajal-Mar de Ontígola. Se trata de parajes de excepcional importancia faunística. El Regajal constituye un enclave natural donde existen elementos botánicos y entomológicos (como algunas mariposas endémicas muy amenazadas) de extraordinario valor. El Mar de Ontígola es de gran importancia para la avifauna acuática, que encuentra en esta zona húmeda refugio entre la vegetación palustre que se extiende por la mayor parte de su superficie.

La inclusión de Aranjuez en la Lista del Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO como Paisaje Cultural de la Humanidad, en el año 2001, reconoce la riqueza paisajística y medioambiental de este lugar, así como la manera en la que se ha sabido unir un importante paisaje humanizado —ciudad y huertas— con un entorno natural de gran valor, como es el de las vegas. Además, esta inclusión muestra la importancia que en la actualidad adquiere el valor medioambiental y refuerza el atractivo del conjunto de sotos y huertas históricos. La combinación de la vegetación típica de ribera (sauces, álamos, olmos, etc.) y de huertas, son los elementos naturales que definen fundamentalmente el contenido paisajístico (Mínguez, 2007).

4. Discusión

Sorprende, al realizar este trabajo y consultar la bibliografía sobre Reales Sitios, la escasa documentación existente en cuanto a los entornos naturales que los rodean, ya que la ubicación de los Reales Sitios ha dependido, en gran medida, del valor de su entorno natural. En la mayoría de los casos su origen se remonta a una utilización como cotos de caza por parte de la nobleza, lo que los vinculó desde el inicio a

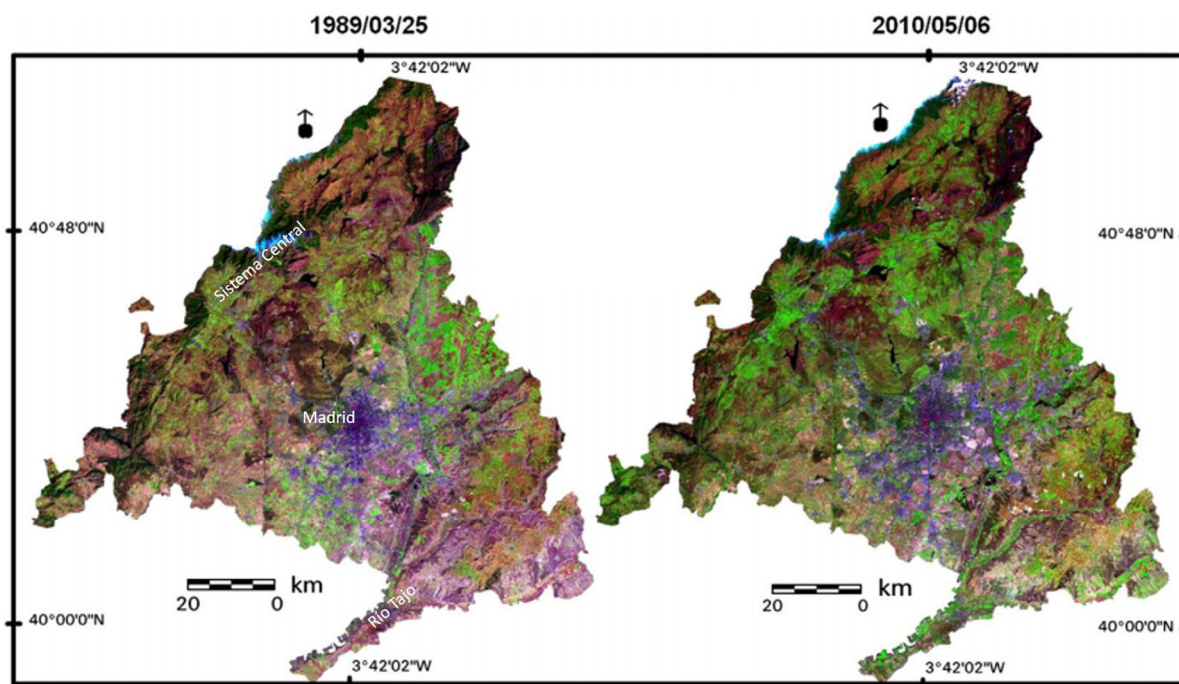
la importancia de su medio natural. Esto no solo ha sucedido en España, sino también en otros lugares de Europa donde han existido bosques adscritos a las casas reales, como señala Maroteaux (2000).

Así, los Reales Sitios, muy estudiados en cuanto a su patrimonio histórico, artístico y turístico, con la existencia de una amplísima bibliografía, apenas han sido analizados en cuanto a su función para preservar el medio natural, conservar los suelos y mantener la biodiversidad y los corredores ecológicos que faciliten el movimiento de la fauna. Este es un ejemplo de la necesidad, como en tantos otros estudios, de trabajos multidisciplinarios entre investigadores de ciencias naturales, sociales y humanidades.

De todos los Reales Sitios localizados en España son, quizás, los situados en los alrededores de la ciudad de Madrid, los que más riesgo tienen en cuanto a la desaparición de sus ecosistemas originales. La conversión de Madrid en un centro político y económico, como consecuencia de la instauración de la capital allí desde 1561 hasta 1601 y, de nuevo, desde 1606, ha llevado a un incremento importante de la población a lo largo de los siglos, especialmente, en el siglo XX. Además, el desarrollo económico unido a la capitalidad ha conducido no solo a una gran expansión urbanística, sino también industrial, con el consiguiente desarrollo de infraestructuras viarias. Todo esto implica un gran sellado de suelo que reduce la extensión de los espacios naturales. A pesar de ello, y gracias a la presencia de los Reales Sitios, con su alto nivel de protección se ha impedido que este sellado sea mayor. Así, se conservan grandes espacios naturales, con alto valor ambiental, dentro del municipio de Madrid, gracias al Real Sitio de El Pardo, y espacios protegidos en el noroeste de la Comunidad y este de la provincia de Segovia gracias a los Reales Sitios de El Escorial, Riofrío y La Granja de San Ildefonso. En el sur de la Comunidad de Madrid, espacio altamente antropizado, se pueden conservar algunos parajes naturales y paisajes históricos de huertas y sotos gracias al Real Sitio de Aranjuez. Debido a la situación de estos Reales Sitios el crecimiento de la ciudad de Madrid y su área metropolitana, durante los últimos siglos, ha sido, sobre todo, hacia el este, sur y norte, con menor desarrollo urbanístico e industrial hacia el noroeste y oeste. Además, hay una diferencia en el tipo de ocupación, encontrándose en las zonas oeste y noroeste las urbanizaciones más abiertas, con menor densidad de edificación y menor uso industrial lo que hace que el sellado del suelo sea menos agresivo. Las poblaciones que se instalan en estos lugares tienen un poder adquisitivo mayor y mejor calidad ambiental. En Madrid, como se puede observar comparando las imágenes del satélite Landsat del año 1989 frente a las del 2010, (Figura 5, García, Pérez y Guerra, 2014) el sellado de suelo (en tonos azul oscuro en las imágenes) se produce sobre todo de forma concéntrica en el área más próxima a la conurbación central, siguiendo al desarrollo de las grandes infraestructuras viarias. Sin embargo, este sellado no es simétrico, ya que es más acusado hacia el este y sur, como se observa en la Figura 6, en la que aparece en negro la superficie que se ha sellado entre ambas fechas. En 2018 la conurbación de Madrid (García-Alvarado, Pérez y García, 2020) ya consumió de media el 18,5 % del suelo, con grandes variaciones espaciales (13,33 % al norte y 41,41% al sur). Cabe resaltar también que el municipio de Madrid no tiene apenas crecimiento hacia el norte (García y Pérez, 2016) debido al freno que supone el Real Sitio de El Pardo, manteniéndose por tanto dos grandes pulmones verdes en la capital: el Monte de El Pardo y la Casa de Campo (sitio adscrito en la Edad Moderna a la realeza). Este freno urbanístico debido al Real Sitio se produce también en otros municipios localizados al norte de la capital, como es el caso de Colmenar (Aristegui y Pérez, 2017). La presencia de El Pardo no solo ha frenado el desarrollo de las urbanizaciones, sino que también ha condicionado el establecimiento de infraestructuras viarias. Así, las autovías M30 y M40 han sido soterradas en varios kilómetros que atraviesan estos lugares.

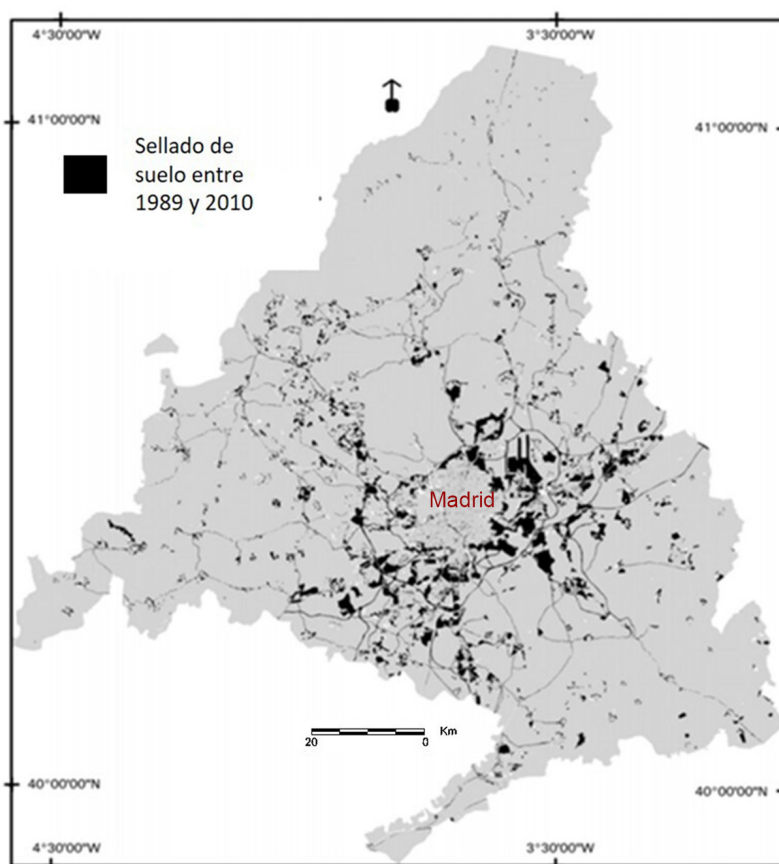
En el oeste de la Comunidad de Madrid también el crecimiento urbano se encuentra frenado en las inmediaciones del Real Sitio de El Escorial gracias a la concesión de distintas figuras de protección del patrimonio histórico y ambiental. Así, los bosques de pinos y robles del Paraje Pintoresco del Pinar de Abantos y Zona de la Herrería y de Cuelgamuros, que constituyen el área declarada como Lugar de Importancia Comunitaria LIC Cuenca del río Guadarrama”, forman un corredor natural entre las Zonas de Especial Protección para las Aves “Encinares de los ríos Alberche y el Cofio” y “Monte de El Pardo”, creando un área de colchón y de interconexión de gran importancia para alguna de las especies de aves más importantes. Los reales Sitios de la Granja de San Ildefonso y Riofrío, al localizarse en parte dentro del Parque Nacional de Guadarrama tienen además una protección añadida siguiendo los protocolos del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) del Espacio Natural «Sierra de Guadarrama» que tiene como finalidad establecer las medidas necesarias para asegurar la protección, conservación, mejora y utilización racional de este espacio y mantener los valores paisajísticos, en armonía con los usos, derechos y aprovechamientos tradicionales y con sus valores históricos y culturales.

Figura 5. Imágenes en falso color del satélite Landsat 5, 25-03-1989 y 6-05-2010. Bandas 5-4-1 (R-V-A)



Fuente: García, Pérez y Guerra (2014)

Figura 6. Sellado de suelo entre el 25-03-1989 y 6-05-2010



Fuente: García, Pérez y Guerra (2014). Elaboración propia

Aun así, si se comparan los espacios naturales actuales con los presentes en siglos pasados se observa que han disminuido su extensión y, lo que resulta más peligroso para los organismos, se han roto los mosaicos de vegetación y los corredores ecológicos que facilitaban el libre intercambio de fauna. La fragilidad de muchos de los suelos, umbrisoles, leptosoles y cambisoles en los Reales Sitios del Noroeste y gipsisoles, calcisoles y regosoles en el Sur han llevado también a un incremento de la degradación y disminución de la vegetación asociada. Como señalan García-Alvarado, Pérez y García (2020), hay que intentar una mayor integración entre la ocupación urbana y su entorno naturalizado, generando menor huella ecológica y un mayor valor de resiliencia frente a fenómenos catastróficos. Tanto por Patrimonio Nacional como por los planes de protección de la Comunidad de Madrid se intenta mantener la dinámica y estructura funcional de los ecosistemas que conforman los parajes naturales de los Reales Sitios, restaurando las áreas degradadas y garantizando la persistencia de la diversidad genética, en especial de las especies amenazadas. Es fundamental hacer compatible las distintas actividades de estos lugares: uso residencial, turístico y recreativo, actividad cinegética y explotación agraria, forestal e hidroeléctrica, con la conservación de los recursos naturales.

A pesar de todas las figuras de protección que, en principio, aseguran el mantenimiento del patrimonio natural de los Reales Sitios, estos no dejan de tener riesgos ya que, aunque tienen unos ecosistemas maduros, desarrollados a lo largo de los siglos, son muy vulnerables. Su proximidad con la capital de España, con la voracidad urbanística que esto implica y la necesidad de construir infraestructuras en un sistema tan centralizado como es el de este país son el principal peligro que acecha a estos lugares. Aunque tanto autovías como líneas del ferrocarril se han construido bajo tierra en la mayor parte de estos territorios, las carreteras próximas constituyen una barrera para la fauna. Los incendios y la reforestación, no siempre correcta, condicionan el mantenimiento y desarrollo de los bosques. La fragilidad de los suelos, poco espesos y con textura arenosa facilita su erosión, condicionando así el desarrollo de los distintos estratos de vegetación. Evidentemente, el turismo que, en gran medida permite el mantenimiento económico de estos lugares, puede también amenazar su conservación, si no está bien regulado. A pesar de todo ello hay que ser optimistas, aunque el patrimonio natural ha sufrido muchos avatares y se ha reducido su extensión a través de los siglos (ventas de terrenos por necesidades económicas, desamortizaciones, instalación de industrias, desarrollo de áreas urbanas, etc.), sigue manteniendo un importante territorio de gran valor cultural, paisajístico y ecológico. En el mundo actual, hay muchas medidas de preservación que se están aplicando, que no existían en el pasado, y que permitirán su conservación para futuras generaciones.

El sellado del suelo es una de las mayores agresiones medioambientales. Es probable que cuando se planificaron los Reales Sitios no se pensara en el freno que iban a suponer frente a esta agresión, pero lo cierto es que han pasado a ser fundamentales en la ordenación del desarrollo urbano, permitiendo una gran permeabilidad ecológica entre estos espacios y su entorno.

Los espacios naturales protegidos y su conectividad ecológica pueden ser uno de los retos medioambientales más importantes para mantener la geodiversidad, el patrimonio natural y el patrimonio cultural. Así, estos Reales Sitios, localizados en áreas montañosas o corredores fluviales pueden constituir redes muy permeables y dotar de hábitats continuos a especies que, en muchos casos, están en peligro de extinción. Aunque la ley reguladora de Patrimonio Nacional 23/1982 establece que cada uno de los bienes con especial valor ecológico debe contar con un Plan de Protección Medioambiental, esto no se cumple en el caso de todos los Reales Sitios.

En el estudio realizado se han utilizado los datos que otros autores (Aréstegui y Pérez, 2017; Urteaga y Camarero, 2014a, 2014b y 2015) han obtenido estudiando los archivos del Instituto Geográfico Nacional y se han seleccionado imágenes históricas y actuales de distintos servidores para ver la evolución. De todas las fuentes utilizadas, para trabajar con más precisión se ha seleccionado la imagen del satélite Landsat 8, ya que facilita una visión general de todos estos Reales Sitios y, al tener una gran resolución espectral, permite, con la combinación de los distintos canales y la obtención de índices, una mejora de la visualización de las áreas estudiadas, así como la obtención de una clasificación precisa.

La utilización de la teledetección, junto con otras fuentes de imágenes, resulta, pues, muy útil para este tipo de trabajos en el que es importante analizar la evolución de los ecosistemas. En futuros trabajos se pueden utilizar otros satélites y sensores con alta resolución espacial y espectral como el satélite Sentinel. También podría resultar útil el uso de imágenes obtenidas con un dron, si bien no siempre es factible realizar vuelos en lugares tan protegidos.

5. Conclusiones

Desde su creación, la mayoría de los Reales Sitios se rodearon de grandes extensiones de bosques y prados que han preservado a lo largo de la historia, impidiendo la destrucción de numerosos hábitats localizados cerca de grandes ciudades. Gracias a ellos en la Comunidad de Madrid existe una gran superficie de espacios naturales, aun cuando la presión de la capital y su área metropolitana haya producido un gran incremento del sellado del suelo en los últimos siglos.

Gracias a la protección de Patrimonio Nacional se han preservado importantes masas forestales de coníferas y caducifolias en las áreas de montaña y de bosques mediterráneos caracterizados por las formaciones duriliginosas de encinas y coscojas en la cuenca terciaria. También se han protegido suelos muy frágiles: cambisoles, arenosoles, regosoles y umbrisoles, con alto riesgo de erosión.

Aunque a lo largo de los siglos ha disminuido la extensión de los espacios naturales de los Reales Sitios, en la actualidad se impide el sellado de los suelos en su territorio, preservando los bosques autóctonos y permitiendo la comunicación de la fauna entre ellos. Es importante resaltar que, gracias al patrimonio natural de estos lugares, se ha obligado al soterramiento de algunas infraestructuras que, de no ser así, habrían ejercido de importante barrera para la fauna. Además, el que la mayoría de estos Reales Sitios estén considerados como Reservas de la Biosfera permite una mayor protección condicionando aún más la intervención humana.

En el área de estudio hay unas 86.000 hectáreas de suelo sellado, frente a 512.000 de vegetación natural.

En el momento de mayor extensión y desarrollo del sistema de los Reales Sitios, durante los reinados de Carlos IV y Fernando VII, una parte importante de sus entornos naturales estaban conectados, en concreto los de El Escorial, la Granja de San Ildefonso, Riofrío y El Pardo. Este corredor verde incluía también otros enclaves naturales que, en ese momento, formaban parte de los Reales Sitios, como el Soto de Viñuelas, la Casa de Campo y el Real Sitio de la Florida. En la actualidad estos lugares están fragmentados, como se puede observar en las imágenes de satélite y ortofotos actuales; algunos de ellos han desaparecido debido a la presión urbanística de la ciudad de Madrid, aislándose el Real Sitio de El Pardo de los Reales Sitios de El Escorial y La Granja de San Ildefonso. Aun así, a través del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama y del Parque Regional del Manzanares hay conexiones entre ellos, lo que ha permitido establecer zonas de LICs y ZEPAS que, al estar protegidas, permiten la interconexión biológica y evitan que estas áreas sean urbanizadas.

En el caso de Aranjuez se preserva no solo un paisaje cultural, en el que hay una estrecha relación entre paisaje natural y antropizado, como es el caso de las huertas y sotos, sino también áreas con una gran biodiversidad. Así, la creación de una presa en Ontígola, ampliando una balsa anterior realizada por Felipe II, ha dado lugar a un humedal y reserva natural protegida por la Comunidad de Madrid con una gran diversidad tanto de invertebrados como de aves, anfibios y reptiles y de especies vegetales palustres y halófitas características. También los suelos sufren alto riesgo de degradación tanto por procesos de sellado, como por salinización, pero la presencia del Real Sitio ha impedido su destrucción.

Quizás sea el municipio de Madrid el más beneficiado por la presencia de un Real Sitio ya que tiene un importante patrimonio verde, con más de 600 hectáreas de parques y jardines, muchos de ellos históricos. La presencia de un Real Sitio, El Pardo y de otro lugar que fue patrimonio de la nobleza, La Casa de Campo, representan los dos grandes pulmones verdes de la ciudad y ejercen de corredores ecológicos con otros hábitats situados en el Norte y este de la Comunidad.

La irregular distribución del suelo sellado en la Comunidad de Madrid obliga a que las propuestas para mitigación de la huella ecológica deberán ser también dispares, atendiendo a esta distribución. En el este y sur el sellado llega prácticamente hasta el límite de la Comunidad de Castilla la Mancha, respetando el Real Sitio de Aranjuez, mientras que en el norte y oeste se encuentra limitado, en parte, por la presencia de los Reales Sitios y los parajes naturales que los rodean

Las imágenes de satélite facilitan la cartografía de las áreas naturales y de los suelos sellados y permiten hacer un seguimiento de su evolución, comparándola con los datos de los planos históricos. Mediante el estudio de estas imágenes se cartografía el sellado del suelo, principal responsable de la fragmentación del territorio y de la disminución de los espacios naturales.

El estudio de la evolución paisajística de los Reales Sitios demuestra cómo la conservación del patrimonio histórico, artístico, ecológico y geológico va unida en numerosas ocasiones y debe analizarse desde una perspectiva multidisciplinar. Esta simbiosis entre patrimonio natural y cultural es fundamental para entender la evolución y preservación de estos lugares.

Los Reales sitios representan pues, uno de los mejores ejemplos de que la conjunción de medidas de protección del patrimonio cultural y las de protección del patrimonio natural permiten preservar los ecosistemas en áreas con un alto riesgo de intervención antrópica.

En este trabajo se ha intentado dar una visión general de la importancia de los Reales Sitios en la preservación del territorio. Sería aconsejable que investigadores de distintas especialidades colaboraran en un estudio más detallado de la evolución de cada uno de estos lugares, teniendo en cuenta todo su desarrollo histórico y la cartografía que se puede consultar en diversos archivos como los de Patrimonio Nacional y los del Instituto Geográfico Nacional. Esta información será de gran utilidad, unida a los estudios sobre su situación actual, para tratar de prevenir los riesgos que pueden afectarles. Las Tecnologías de la Información Geográfica y la posibilidad de manejar un importante volumen de datos mediante la inteligencia artificial facilitarán de forma notable esta tarea.

Referencias

- Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) (2012). *Documento de trabajo de los servicios de la Comisión. Directrices sobre mejores prácticas para limitar, mitigar o compensar el sellado del suelo* (Brussels, 15.5.2012, SWD (2012) 101 final/ 2). Recuperado de https://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/pub/soil_es.pdf
- Añó, C., Pascual, J.A. y Sánchez, J. (2005). Capacidad de uso y sellado antropogénico del Suelo en la franja litoral de la provincia de Castellón. *Investigaciones Geográficas*, 38, 65-77. <https://doi.org/10.14198/INGEO2005.38.04>
- Aranjuez, Ayuntamiento del Real Sitio y Villa. <http://www.aranjuez.es/turismo/rutas/ruta-natural/>
- Aréstegui, A. y Pérez, M.E. (2017). Soil sealing in Madrid, study case of Colmenar Viejo. *Earth Sciences Research Journal*, 21(3), 111-116. <http://dx.doi.org/10.15446/esrj.v21n3.51450>
- Artmann, M. (2014). Assessment of soil sealing management responses, strategies, and targets toward ecologically sustainable urban land use management. *Ambio*, 43(4), 530-541. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0511-1>
- Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (2015). <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/base-referencial-mundial/es>.
- Bonet, A. (2000). Felipe V e Isabel de Farnesio y el Real Sitio de La Granja de San Ildefonso: de retiro real a “pastel de nieve”. En Patrimonio Nacional (Edit.), *El Real sitio de la Granja de San Ildefonso: retrato y escena del Rey* (pp.16-24). Madrid: Patrimonio Nacional.
- Caballero, A. (2017). *Sellado de suelos en la comarca del Mar Menor (Murcia). Consecuencias ambientales* (Tesis Doctoral). Murcia: Universidad de Murcia. Recuperado de <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/53752>
- Checa, F y Morán, J. M. (1986). *Las Casas del Rey. Casas de campo, cazaderos y jardines. Siglos XVI y XVII*. Madrid: Ediciones El Viso.
- Chueca, F (1989a). Los Reales Sitios en torno a Madrid. *Reales Sitios*, 100 (Número extraordinario XXV Aniversario), 47-56.
- Comunidad Autónoma de Madrid (C.A.M.). (2007). *Cartografía medioambiental de la Comunidad de Madrid*. Madrid: Secretaría General Técnica de la Comunidad de Madrid. Recuperado de <https://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/cartografia-ambiental>
- Comunidad Autónoma de Madrid (C.A.M.). (2010). *Planificación de la red de corredores ecológicos de la comunidad de Madrid: identificación de oportunidades para el bienestar social y la conservación del patrimonio natural*. Madrid: Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio. Dirección General de Urbanismo y Estrategia Territorial. Recuperado de <http://www.madrid.org/cartografia/planea/planeamiento/html/web/corredores.htm>

- Comunidad Autónoma de Madrid (C.A.M.) <https://www.aranjuez.es/images/files/medioambiente/libroblanco.pdf>. Delegación de Medio Ambiente, Parques y Jardines y Agricultura. (2015). *Libro blanco sobre biodiversidad y conservación del patrimonio natural de Aranjuez*. Aranjuez. Ayuntamiento del Real Sitio y Villa.
- Comunidad Autónoma de Madrid (C.A.M.). (2021). Anuario Estadístico de la Comunidad de Madrid. 1985-2021 Urbanismo, vivienda y construcción. <http://www.madrid.org/iestadis/fijas/estructu/general/anuario/ianucap10.htm>
- Forteza J., García A., Lorenzo, L., Najac, N., Cuadrado, S., Ingelmo, F., ... y Rivas, D. (1987). *Mapa de suelos de Castilla León*. Junta de Castilla y León. Escala 1:500.000. Valladolid: Junta de Castilla y León.
- Gallardo J., Álvarez, A. y Cala, V. (1988). Horizontes de fragipán de tipo "ison". Formados por permafrost en la sierra de Guadarrama. *Estudios Geológicos*, 44, 83-91. <https://doi.org/10.3989/egeol.88441-2526>
- García, M. y Mínguez, M.C. (2004). Funcionalidad Turística de los Reales Sitios españoles: Problemas y Perspectivas. *Ería*, 66, 71-84.
- García-Alvarado, J.M., García, M. P y Pérez, M. E. (2018a). Evaluación y medida del sellado de suelos en los Programas de Actuación Urbanística (PAUS) del norte de Madrid (España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 76, 1-19. <https://doi.org/10.21138/bage.2513>
- García-Alvarado, J.M., García, M. Py Pérez, M. E. (2018b). Sellado de suelos a partir de teledetección y SIG en el Programa de Actuación Urbanística (PAU) del sudeste de Madrid (España). *Cuadernos Geográficos*, 57(1), 39-60. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v57i1.5360>.
- García-Alvarado, J. M., Pérez M. E., y García, M. P. (2020). Sellado de suelos, fragmentación y conectividad ecológica en la conurbación de Madrid (España). *Boletín de la Asociación De Geógrafos Españoles*, 85. <https://doi.org/10.21138/bage.2884>
- García, M.P y Álvarez, B. (2020). Los Reales Sitios y su importancia en la conservación del suelo. *Spanish Journal of Soil Science*, 10, 3. <https://doi.org/10.3989/egeol.88441-2526>
- García, M.P y Pérez, M.E. (2016). Mapping of soil sealing by vegetation indexes and built-up index: A case study in Madrid (Spain). 214-215, *Geoderma*, 268, 100-107. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.01.012>
- García, M.P, Pérez, M.E. y Guerra, A. (2014). Using TM images to detect soil sealing change in Madrid (Spain) *Geoderma*, 135-140. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.09.017>
- Gardi, C., Montanarella, L., Tóth, G., Palmieri, A., Martino, L. y Erhard, M. (2011). The Assessment of Soil Sealing and Land Take in Europe. En G. Tóth y T. Németh (Eds.), *Land Quality and Land Use Information in the European Union* (pp. 173-186). European Commission, Publications Office of the European Union.
- Gómez, J. y Atienza, J.M. (1998). Aranjuez: de Real Sitio a ciudad industrial en declive. Oportunidades inéditas de un emplazamiento estratégico. *Urban*, 2, 107-115.
- Herrera, P y Díaz, E. (2013). Ecología del paisaje, Conectividad ecológica y territorio. *DOSSIER ciudades*, 1, 43-70.
- Hortal J.E. (2014). La integración de los sitios reales en el sistema de corte durante el reinado de Felipe IV. *Librosdelacorte.es*, 8, 27-47.
- Hortal, J.E. (2017). La unión de la Corte, la Casa y el Territorio en la Monarquía Hispánica de los siglos XVI y XVII: Las Guardas Reales y los Sitios Reales. *Revista Escuela de Historia*, 16(1). <https://www.academia.edu/35858226/>.
- Instituto Geográfico Nacional. Plan Nacional de Ortofotografía aérea (PNOA). <http://www.ign.es>
- Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.). (1989). *Mapa Geológico Nacional (MAGNA)*. Hoja 559. Madrid. Escala 1:50.000. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) (1990). *Mapa Geológico Nacional (MAGNA)*. Hoja 533. San Lorenzo de El Escorial. Escala 1:50.000. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) (1991). *Mapa Geológico Nacional (MAGNA)*. Hoja 483. Segovia. Escala 1:50.000. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.


- Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) (2000). *Mapa Geológico Nacional (MAGNA). Hoja 534. Colmenar Viejo*. Escala 1:50.000. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) (2010). *Mapa Geológico Nacional (MAGNA). Hoja 605. Aranjuez*. Escala 1:50.000. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Junta de Castilla León (2000). *Natura 2000 en Castilla León*. Recuperado de http://rednatura.jcyl.es/natura2000/Mapas%20generales/MAPasegovia_2.pdf
- Jiménez R., García, G., Polo A. y Almendros G. (1981). Edafogénesis catenal de las formaciones edáficas del valle de Valsaín. (Vertiente Norte de la Sierra de Guadarrama). *Anales de Edafología y Agrobiología*, XL (5-6), 833-848.
- Labrador, F. y Rossi, P. (2014). Entre Reales Sitios de España, 'Coronas de delicias' de los Saboya y residencias napolitanas de los Borbones. En L. D'Alessandro, F. Labrador y P. Rossi (Eds.), *Siti Reali in Europa. Una storia del territorio tra Madrid e Napoli* (pp. 33-40). Napoli: Fondazione Roma Mediterraneo - Università Suor Orsola Benincasa.
- López Ontiveros, A. (1993). Importancia de la geografía cinegética en el contexto de la geografía agraria española, En A. Gil Olcina, A. Morales iGil (Eds), *Medio siglo de cambios agrarios en España* (pp. 91-216). Instituto de Cultura 'Juan Gil Albert'. Alicante.
- Martínez-Atienza, R. (1999). *Arquitectura y desarrollo urbano*. Madrid. Comunidad de Madrid.
- Martínez J., Martín, M.P., Romero. R. y García, J.A. (2003). Valoración del paisaje en la Zona de Especial Protección de Aves. Carrizales y Sotos de Aranjuez (Comunidad de Madrid). *Geofocus*, 3,1-21.
- Maroteaux, V. (2000). *Versailles le Roi et son Domaine*. París: Editorial Picard.
- Monturiol, F. y Alcalá, L. (1990a). *Mapa de asociaciones de suelos de la Comunidad de Madrid*, Escala 1:200,000. Madrid: CSIC, CAM.
- Monturiol, F. y Alcalá, L. (1990b). *Mapa de Capacidad Potencial de Uso Agrícola de la Comunidad de Madrid*, Escala 1:200,000. Madrid: CSIC, CAM.
- Mínguez, M.C. (2007). *Patrimonio cultural y turismo en los reales sitios de la Comunidad de Madrid y sus incidencias en el territorio* (Tesis Doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Geografía e Historia. Madrid.
- Munafo, M., Norero, C., Sabbi, A. y Salvati, L. (2010). Soil Sealing in the Growing City: A Survey in Rome, Italy. *Scottish Geographical Journal*, 126(3), 153-161. <https://doi.org/10.1080/14702541.2010.527855>
- Munafo, M., Salvati, L. y Zitti, M. (2012). Estimating soil sealing rate at national level. Italy as a case study. *Ecological Indicators*, 26, 137-140. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.11.001>
- Nicolás A. y Gandullo J.M. (1969). *Ecología de los pinares españoles. II. Pinus sylvestris L.* Madrid. Ministerio de Agricultura. Inst. Forest. Invest. y Exper.
- Patrimonio Nacional (1997). *Plan de Protección medioambiental del Monte de El Pardo*. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/o/1997/07/31/3>
- Patrimonio Nacional. *Plan de actuación 2017-2021*. Recuperado de <https://www.patrimonionacional.es/patrimonio-abierto/plan-de-actuacion>
- Patrimonio Nacional. *Reales Sitios*. Recuperado de <https://www.patrimonionacional.es/real-sitio>.
- Pérez, M.E. y García, M.P. (2016). Monitoring Soil Sealing in Guadarrama River Basin, Spain, and Its Potential Impact in Agricultural Areas. *Agriculture*, 6(1), 7. <https://doi.org/10.3390/agriculture6010007>
- Pérez, M.E. y García, M.P. (2017). Monitoring soil erosion by raster images: from aerial photographs to drone taken pictures. *European Journal of Geography*, 7(5), 117-129.
- Rodríguez, D. y Martínez, J. (2019). Analysing subtle threats to conservation: A nineteen-year assessment of fragmentation and isolation of Spanish protected áreas. *Landscape and Urban Planning*, 185, 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.01.012>
- Romero, A., Belmonte, F., Docampo, A.M. y Ruiz, J.D. (2011). Consecuencias del sellado de los suelos en el Campo de Cartagena (Murcia). En V. Gozávez Pérez. y J.A. Marco Molina (Coords.), *Geografía y desafíos territoriales en el siglo XXI*, 2 (pp. 605-616). Alicante.Universidad de AlicanteLugar: Entidad editora.

- Romero, A., Caballero, A., y Pérez, A. (2017). Expansión urbana y turismo en la Comarca del Campo de Cartagena-Mar Menor (Murcia). Impacto en el sellado del suelo. *Cuadernos de Turismo*, 39, 521-546. <https://doi.org/10.6018/turismo.39.290691>
- Sancho, J.L. (1995). *La arquitectura de los Sitios Reales. Catálogo histórico de los palacios, jardines y patronatos reales del Patrimonio Nacional*. Madrid: Patrimonio Nacional/Fundación Tabacalera.
- Sancho, J.L. y Aparicio J.R. (2012). *Real Sitio de La Granja de San Ildefonso y Riofrío*. Madrid: Patrimonio Nacional.
- Scalenghe, R. y Marsan, F. A. (2009). The anthropogenic sealing of soils in urban areas. *Landscape and Urban Planning*, 90(1-2), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.10.011>
- Shen, G., Abdoul, N.I., Zhu, Y., Wang, Z. y Gong, J. (2017). Remote sensing of urban growth and landscape pattern changes in response to the expansion of Chongming Island in Shanghai, China. *Geocarto International*, 32(5), 488-502. <https://doi.org/10.1080/10106049.2016.1156166>
- Tovar, V. (2001). *El Pardo*. Madrid: Fundación Caja Madrid.
- Urteaga L. y Camarero C. (2014a). Los planos de los sitios reales españoles formados por la junta general de estadística (1861-1869). *Scripta Nova*, XVIII (482).
- Urteaga L. y Camarero C. (2014b). Planimetría del Real Sitio de San Ildefonso de la Junta General de Estadística, 1868-1869. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 77, 299-317. <http://doi:10.2436/20.3002.01.64>
- Urteaga L. y Camarero C. (2015). The last topographical survey of the Royal Site of Aranjuez (1864-1868). In *The 26th International Conference on the History of Cartography* (pp. 12-17). Antwerp, Belgium.
- United States Geological Survey. (USGS). <http://glovis.usgs.gov/>
- Valera, A., Añó, C., y Sánchez, J. (2011). Cincuenta años (1956-2006) de crecimiento urbano y degradación de suelos por sellado antropogénico en el término municipal de Valencia. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 31(2), 177-191. https://doi.org/10.5209/rev_AGUC.2011.v31.n2.37016
- Xiao, R., Su, S., Zhang, Z., Qi, J., Jiang, D., y Wu, J. (2013). Dynamics of soil sealing and soil landscape patterns under rapid urbanization. *Catena*, 109, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.05.004>

To cite this article: Mishra, G., Giri, K., Jangir, A., Vasu, D. & Rodrigo-Comino, J. (2021). Understanding the effect of shifting cultivation practice (slash-burn-cultivation-abandonment) on soil physicochemical properties in the North-eastern Himalayan region. *Investigaciones Geográficas*, (76), 243-261. <https://doi.org/10.14198/INGEO.17820>

Understanding the effect of shifting cultivation practice (slash-burn-cultivation-abandonment) on soil physicochemical properties in the North-eastern Himalayan region

Entendiendo el efecto de la agricultura itinerante (tala-quema-cultivo-abandono) en las propiedades fisico-químicas del suelo en la región del Noroeste del Himalaya

Gaurav Mishra^{1*}
Krishna Giri²
Abhishek Jangir³
Duraisamy Vasu⁴
Jesús Rodrigo-Comino^{5,6*} 

Abstract

Shifting cultivation (jhum cultivation), a common practice of converting forest land into agricultural land by slash and burn is threatening the ecosystem. This study assesses the effect of shifting cultivation cycles on soil quality in the North-eastern Himalayan region using a minimum of soil properties. To achieve this goal, a soil quality index (SQI) approach and multivariate techniques were used for surface (0-30 cm) and subsurface (30-70 cm) layers of soils in the forest, jhum land, and jhum fallow areas. The highest variability among land uses was found for clay content, SOC (soil organic carbon), exchangeable Mg and K, CEC (cation exchange capacity), and the Ca/Mg relationship. On the contrary, the lowest variation was recorded in bulk density (BD), porosity, and pH. The results of the principal component analysis (PCA) show BD, soil texture, available nitrogen (Nav), available phosphorus (Pav), available potassium (Kav), calcium (Ca) and sodium (Na) as the major indicators of soil quality. The study indicated that surface layers of forest soils have a lower soil quality when compared to jhum lands. Although jhum lands show a better soil quality compared to forests, their continued cultivation without any fertilisation and subsequent depletion of the soil nutrients can cause a degradation of soil quality as observed in jhum fallow lands. The use of these selected indicators for soil quality assessment was useful in terms of saving time and costs.

Keywords: Land management; traditional agricultural systems; jhum; forest; soil quality index.

1 Rain Forest Research Institute, Jorhat, Assam, India – 785001. gaurav.mishra215@gmail.com. * Corresponding author

2 Rain Forest Research Institute, Jorhat, Assam, India – 785001. krishna.goswami87@gmail.com

3 National Bureau of Soil Survey & Land Use Planning, Nagpur, India - 440033. abhishekjangir1988@gmail.com

4 National Bureau of Soil Survey & Land Use Planning, Nagpur, India - 440033. d.plantdoctor@gmail.com

5 Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Facultad de Filosofía y Letras, Campus Universitario de Cartuja, University of Granada, 18071 Granada, Spain. jesusrc@ugr.es

6 Department of Physical Geography, University of Trier, 54296 Trier, Germany. * Corresponding author

Resumen

La agricultura itinerante (*jhum*), una práctica común para convertir tierras forestales en tierras agrícolas mediante la tala y quema, podría amenazar la provisión de servicios ecosistémicos. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de los ciclos de cultivo itinerante sobre la calidad del suelo en la región del noreste del Himalaya utilizando el mínimo número posible de propiedades del suelo. Para lograr este objetivo, se utilizó un enfoque de índice de calidad del suelo (SQI) y técnicas multivariadas para horizontes superficiales (0-30 cm) y subsuperficiales (30-70 cm) de suelos en las áreas de bosque, tierras cultivadas y barbecho. La mayor variabilidad entre los usos de la tierra se encontró para el contenido de arcilla, CO (carbono orgánico del suelo), Mg y K intercambiables, CEC (capacidad de intercambio catiónico) y relación Ca/Mg. Por el contrario, la menor variación se registró en densidad aparente (BD), porosidad y pH. Los resultados del análisis de componentes principales (ACP) mostraron BD, textura del suelo, nitrógeno disponible (Nav), fósforo disponible (Pav), potasio disponible (Kav), calcio (Ca) y sodio (Na) como los principales indicadores capaces de explicar la calidad del suelo. Los resultados indicaron que las capas superficiales de los suelos forestales tienen una menor calidad de suelo en comparación con las tierras cultivadas. Aunque las tierras cultivadas muestran una mejor calidad del suelo en comparación con los bosques, su cultivo continuo sin fertilización y el consiguiente agotamiento de los nutrientes del suelo pueden causar una degradación de la calidad del suelo como se observa en las tierras en barbecho. El uso de estos indicadores seleccionados en la evaluación de la calidad del suelo fue útil en términos de reducción en el costo y el tiempo de análisis.

Palabras clave: Gestion de tierras; sistemas agrícolas tradicionales; *Jhum*; Bosque; Índice de calidad del suelo.

1. Introduction

Soils are key resources for human activities and natural ecosystems (Rodrigo-Comino, López-Vicente, et al., 2020), therefore establish suitable indicators to assess their quality has been key for scholars around the world such as in the Mediterranean belt (e.g. Ceccarelli, Bajocco, Perini, & Salvati, 2014; Colantoni, Ferrara, Perini, & Salvati, 2015; Sánchez-Navarro et al., 2015). However, due to the wide ranges of human activities and under an eminent climate change that modifies the main soil physicochemical properties, a clear regional methodological approaches still non-well known (Assefa, Elias, Soromessa, & Ayele, 2020; Coyle et al., 2017; Gbejewoh, Keesstra, & Blancquaert, 2021). For example, the process of converting the forest land by slash and burn into annual crops called “shifting cultivation” (Singh, Bordoloi, Kumar, Hazarika & Parmar et al., 2014). This is a common practice carried out in Africa, Asia and Latin America and able to contribute to 70, 50 and 16% of the total deforestation, respectively (FAO, 1957; Inoue et al. 2010; Chaplot, Bouahom & Valentin, 2010).

The Northeastern Himalayan (NEH) region of India is characterized by unique agro-ecological conditions, which makes it the centre of speciation for many plant species (Mishra & Sarkar, 2020). It is one of the twelve biodiversity hot-spots in the world, having 65% of its area under forests and 16% under agriculture (Saha, Chaudhary & Somasundaram, 2012). The major agriculture practice and source of income in the NEH is the shifting cultivation locally known as *jhum* (Yadav, 2013). This shifting cultivation cycle is characterized by certain stages, starting from the selection of site, slashing and burning of native vegetation, crop cultivation from 1 to 2 years and leaving the land abandoned from 10 to 12 years. The same cycle is continuously repeated for so many decades but sometimes unfavourable changes in soil quality have been noticed. In the last few decades, specifically, shifting cultivation is leading to rapid changes in land uses in the Nagaland state of NEH (Patel, Karmakar, Sanjog, Kumar & Chowdhury et al., 2013; Chase & Singh, 2014).

The intensive crop cultivation with no external input from 2 to 4 years after slashing and burning the native forest is causing a significant decline in soil quality (Ayoubi, Khormali, Sahrawat & Rodrigues De Lima, 2011; Sarkar et al., 2015). For example, Handayani (2004) reported that the cultivated fields after the clearance in the tropical forest of Sumatra resulted in a high loss of organic matter, a reduction in labile carbon (C) pools and a drastically declining in biological activity. The continuous cultivation in deforested sites is also able to reduce soil cation exchange capacity (CEC), as it was demonstrated in Ethiopia (Mulugeta, Karlton, & Olsson, 2005; Nega & Heluf, 2009). Sulieman, Saeed, Hassaballa, & Rodrigo-Comino (2018) also reported the lower values of CEC and other soil properties in urban soils, due to intensive human interferences in Sudan. A reduction in these parameters can lead to various deleterious effects such as soil erosion, biodiversity loss, acidification, soil compaction, desertification and climate

change (Chase & Singh, 2014; Rodrigo-Comino, Terol, Mora, Giménez-Morera, & Cerdà, 2020; Salehi, Wilhelmsson, & Soderberg, 2008; Salvati, Bajocco, Ceccarelli, Zitti, & Perini, 2011).

The studies on the effects of forest conversion to temporary agricultural lands (*jhum*) on the dynamics of organic C stock and soil health have recently received the attention of policymakers and forest managers (IPCC, 2007). Earlier reports from the NEH region indicates that the cycle of conversion from the forest into *jhum* lands and from *jhum* land into fallow *jhum* territories show negatively influences on the physicochemical properties of soil, with a loss of soil organic carbon (SOC) (Ramakrishnan and Toky, 1981; Aruchalam, 2002). For example, Sarkar et al. (2015) reported an increase in the concentration of plant-available phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) after burning but a drastic decrease in SOC content. Ribeiro Filho, Adams, & Murrieta (2013) reviewed the literature published on this topic and discussed the soil variables used to evaluate the effect of the *jhum* cultivation. According to them, texture, structure, density, colour, retention of humidity, and temperature were considered as the main physical soil properties, meanwhile, pH, dynamics of macronutrients, CEC, SOM, total carbon (Total C) and total nitrogen (Total N) were the most important chemical ones. Thus, we can observe that inconsistent conclusions have been drawn from different studies because of the limits of the understanding of the effects of the *jhum* cycle on soil quality in both the short and long-term. Moreover, studies evaluating the influence of different land use on soil quality under tropical and sub-humid forest conditions are also limited (Enaruvbe & Atafo, 2019; Lohbeck, Poorter, Martínez-Ramos & Bongers, 2015; Poorter et al., 2015). Hence, it is important to evaluate the influence of the *jhum* cycle on soil quality, and specifically, in the NEH region of India, where it occupies 1.47 million hectares and mainly is practised by tribal communities.

Many kinds of soil quality indexes (SQI) have been developed to assess the soil quality under different land uses and climatic conditions across the world (e.g. Marzaioli, D'Ascoli, De Pascale, & Rutigliano 2010; Li, Zhang, Wang, & Yu., 2013; Rodrigo-Comino, Keshavarzi, Bagherzadeh & Brevik 2019). For example, Mishra et al. (2017) worked out the soil quality of *jhum* lands in comparison to tropical semi-evergreen forests of Nagaland in India, using PCA-LSF-SQIw (principal component analysis-linear scoring functions-weighted soil quality index) approach. These results demonstrated that these indexes can be applied to *jhum* areas. All of this information should be included as a useful tool to design suitable and effective land management plans by reducing the number of variables and conclusions obtained for each type of land use. However, there is a lack of information about that currently. We state that it is necessary to fill this gap considering the sustainable development goals and clear objectives to achieve land degradation neutrality by policymakers and stakeholders (Visser, Keesstra, Maas, de Cleen & Molenaar, 2019).

Given these facts, the current study aims to focus on studying the variability in soil properties under forest, *jhum* land, and *jhum* fallow land, using the minimum number of soil properties to assess the possible soil quality changes prior to designing a land management plan. To achieve this goal, a combination of multivariate statistical analysis and soil weighted quality indexes are applied in the NEH. We hypothesize that principal component analysis (PCA) and minimum dataset (MDS), in combination with additive and weighted index methods, are the best approaches to obtain useful information for policymakers and land managers at the first stage of a holistic and regional geographic evaluation.

2. Methods

2.1. Study area

The study was carried out in the Kohima district of Nagaland. Situated in the NEH region of India (25°40'–25°67' N, 94°07'–94°12'E), the district occupies an area of about 1,463 km². The elevation ranges from 690 to 1261 m a.s.l. The average annual rainfall is 1,831 mm, where 90% is distributed from May to October. The monthly mean temperature in the district ranges between 27–32 °C (Mishra, Jangir & Francaviglia, 2019). The majority of the forest areas are situated in the Kohima region and are classified as tropical wet evergreen forest. The major tree species of the selected forest sites (>25 years old) are *Alnus nepalensis*, *Duabanga grandiflora*, *Gmelina arborea*, *Grevillea robusta*, *Melia azadirachta*, *Macaranga denticulate*, and *Pinus kesiya*. In *jhum* lands, mainly it can be found the upland rice (*Oryza sativa*) which is cultivated under conventional practices such as dry seeding with no proper arrangement of sowing, water supply and weeding (Rathore, 2008). The other important species include maize (*Zea mays*), cowpea (*Vigna unguiculata*), Colocasia (*Colocasia esculenta*), chilli (*Capsicum annum*), pumpkin (*Cucurbita peto*), and brinjal (*Solanum melongena*). *Alnus nepalensis* is the unique tree that can be found in fallow *jhum* lands along, which is combined with common weeds (*Eleusine indica*; *Amaranthus viridis*; *Chromolaena*

odorata; *Mimosa pudica*; and *Imperata cylindrica*). On the other, the *jhum* fields selected in this study were one-year-old (cleared the previous year for cultivation). Finally, the fallow *jhum* lands were left as fallow for more than five years after cultivation. A brief description of sampling sites (Figure 1, prepared in Arc-GIS) is presented in Table 1. Soils can be classified as Acrisols (IUSS-WRB, 2015), and are derived from tertiary rocks, belongs to Barail and Disang series, respectively. The soils contain fine loamy to clay loam texture and with limited depth, usually characterized by low organic matter and base saturation. However, the accumulation of clay in the sub-surface horizon can be found.

2.2. Soil sampling and analysis

A total of 12 sites were randomly selected in the forest (5), *jhum* (4) and fallow *jhum* (3) lands and soil profiles were excavated, in mid-slope, up to bedrock to study the variability in soil properties (Figure 2). Fifty soil samples (horizon wise) were collected: 21 in the forest, 16 in *jhum* and 13 in *jhum* fallows. Replicated soil samples (three) were immediately stored in polyethene bags and subsequently processed before laboratory analysis.

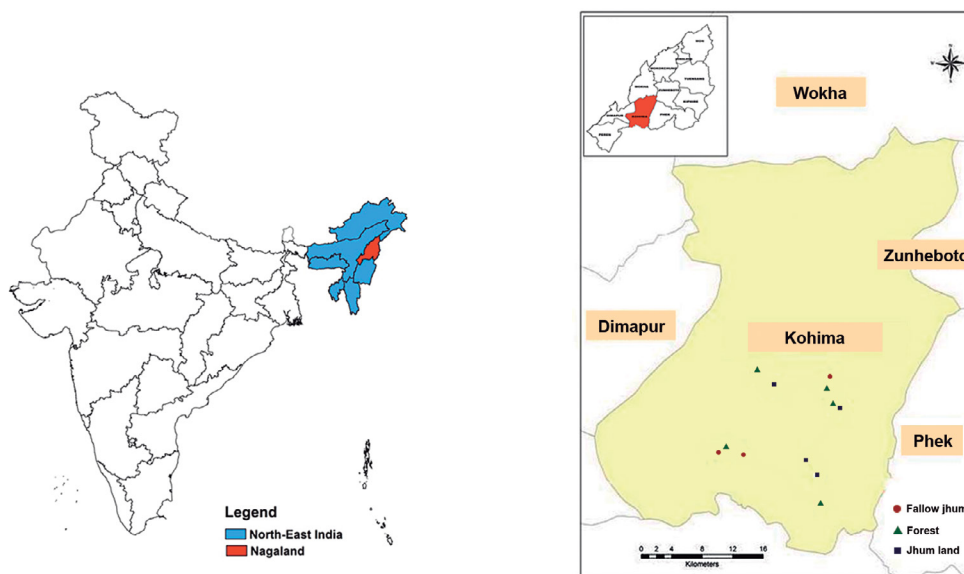
The samples were air-dried at room temperature (22°C) to constant weight and sieved through a 2-mm sieve to exclude litter, roots and coarse particles. The hydrometer method was employed for particle size analysis (Klute, 1986) to calculate clay, silt and sand contents. Bulk density (BD) was estimated by the core method (Blake and Hartge, 1986). Total porosity was calculated from the bulk density results assuming a particle density of 2.65 g cm⁻³ (USDA, 2004) Soil pH was determined in 1:2 soil-water suspensions using a digital pH meter. Soil organic carbon (SOC) (Walkley and Black, 1934), available phosphorus (Pav) (Bray & Kurtz, 1945), and available nitrogen (Subbiah & Asija, 1956) (Nav) was determined following the earlier described standard methods. Available potassium (Kav), cation exchange capacity (CEC) and exchangeable cations (Ca, Na, K, and Mg) were estimated by 1 N ammonium acetate (pH 7.0) method (Schollenberger and Simon, 1945; Summer and Miller, 1996). Base saturation (BS) was estimated as the ratio of total bases to CEC.

Table 1. Land use, label, size and geographical information of the studied sites

Land use	Label	Village	Geographic coordinates (Lat./Long.)	Altitude (m a.s.l.)	Major vegetation	Soil depth (cm)
Forest	FS1	Khonoma	25.64305556; 94.01719444	1,531	<i>Alnus nepalensis</i> , <i>Melia azadirach</i>	70
	FS2	Mariema	25.73411111; 94.05388889	1,296	<i>Grevillea robusta</i>	103
	FS3	Jakhama	25.57552778; 94.12863889	1,626	<i>Alnus nepalensis</i> , <i>Duabanga grandiflora</i> , <i>Gmelina arborea</i> , <i>Melia azadirach</i> , <i>Macaranga denticulate</i> , <i>Pinus kesiya</i>	118
	FS4	Chedma	25.6935; 94.14297222	1,426	<i>Grevillea robusta</i>	98
	FS5	Rusoma	25.71122222; 94.13558333	1,402	<i>Grevillea robusta</i>	92
<i>Jhum</i>	Jh1	Mariema	25.74566667; 94.08555556	1,300	Rice	70
	Jh2	Kewama	25.60925; 94.12419444	1,600	Rice	83
	Jh3	Chedma	25.68833333; 94.15102778	1,375	Beans, chili, <i>Colocasia</i>	78
	Jh4	Phesema	25.62672222; 94.11077778	1,625	Maize, pumpkin, <i>Colocasia</i>	73
Fallow <i>jhum</i>	FJh1	Khonoma	25.63577778; 94.00780556	1,854	<i>Eluesine indica</i> , <i>Amaranthus viridis</i> , <i>Chromolaena odorata</i> , <i>Mimosa pudica</i> , <i>Imperata cylindrica</i>	103
	FJh2	Khonoma	25.79792; 94.70644444	1,400	<i>Alnus nepalensis</i> , <i>Eluesine indica</i> , <i>Amaranthus viridis</i> , <i>Chromolaena odorata</i> ,	56
	FJh3	Rusoma	25.72533333; 94.13922222	1,458	<i>Alnus nepalensis</i> , <i>Chromolaena odorata</i> , <i>Mimosa pudica</i>	80

Own elaboration

Figure 1. Sampling point sites in different land use



Own elaboration

2.3. Data analysis

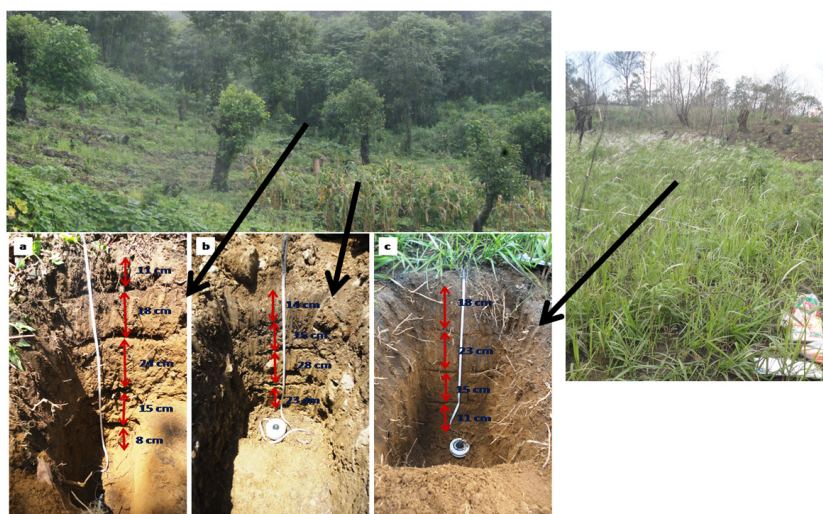
2.3.1. Descriptive statistics and variability analysis

General statistics parameters such as minimum and maximum values, mean, standard deviation, the coefficient of variation and skewness were calculated for each land use, using the whole soil profile data. To check the normality of the data, a Shapiro-Wilks test was also carried out. After that, the variability of the measured soil properties among land-use types was tested using a one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

2.3.2. Soil quality index evaluation

As the depth of different horizons was not homogenized, so weighted mean of SQI values at two different depths (0-30 and 30-70 cm) was fixed. This will also represent the dynamic soil quality (0-30 cm), which is more influenced by anthropogenic practices, while, the inherent soil quality of the different land uses is represented by 30-70 cm depth. In Figure 2, soil profiles from the study sites are illustrated.

Figure 2. Excavated soil profiles (a: forest; b: *jhum* and c: fallow *jhum*)



Own elaboration

The dataset of the 17 soil physicochemical properties of each land use was subjected to PCA (Andrews, Karlen, & Mitchell, 2002; Liu, Zhou, Shen, Li, Liang, Wang, & Sun, 2014). The objective of PCA was to reduce the dimension of data while minimising the loss of information (Armenise, Redmile-Gordon, Stellacci, Ciccarese, & Rubino, 2013). After running the PCA, the soil variable with high eigenvalues in each principal component (PC) under each land use is included in the minimum dataset (MDS) and considered best representatives explaining the variability (Andrews et al., 2002). Then, linear scoring functions (LSFs) were used to transform the selected variables, by arranging them in ascending order ('more is better' function) or descending order ('less is better' functions) (Andrews, Flora, Mitchell, & Karlen, 2003). Later, the additive and weighted SQI was calculated using the methodology described by Vasu et al. (2016). All tests were performed using SPSS Version 16.0 (IBM Corporation, Armonk, NY).

3. Results

3.1. Soil properties under different land use

Physical and chemical soils properties from forest, *jhum*, and fallow *jhum* are presented in Suppl. Material 1, 2 and 3, respectively. Also, in suppl. material 4, 5 and 6, the variation of soil properties along the soil profiles are depicted. Among the three different land-use types, a higher mean value of BD is recorded in the *jhum* lands (1.06 Mg m^{-3}), followed by the forest (1.02 Mg m^{-3}) and the fallow *jhum* (0.90 Mg m^{-3}). The mean clay content is higher (28.3%) in forest lands than *jhum* and fallow *jhum* (21.9 and 14.3%, respectively). Soils under fallow *jhum* are relatively more porous (66.2%) than the soils of the other two land uses. The forest soils register acidic to slightly acidic values (pH 3.56-6.25) in reaction, whereas soils of *jhum* land and fallow *jhum* are slightly acidic to neutral (Table 3 and 4). The mean value of SOC is the highest in fallow *jhum* (1.6%), followed by the forests (1.2%) and *jhum* lands (1.0%). However, under different land uses, the SOC content ranges from 0.4 to 3.1% (forest), 0.40 to 1.6% (*jhum*), and 0.4 to 3.2% (fallow *jhum*), respectively. A higher mean value of CEC is recorded in forests ($5.19 \text{ cmol (p+) kg}^{-1}$), followed by *jhum* ($4.46 \text{ cmol (p+) kg}^{-1}$) and *jhum* fallow ($3.97 \text{ cmol (p+) kg}^{-1}$). In the case of exchangeable cations, the value of Ca ($1.74 \text{ cmol (p+) kg}^{-1}$) K ($1.00 \text{ cmol (p+) kg}^{-1}$) and Ca: Mg (1.87) are the highest for forest soils, whereas fallow *jhum* has the highest Mg ($2.08 \text{ cmol (p+) kg}^{-1}$). Ex. Na content registers the maximum values ($0.85 \text{ cmol (p+) kg}^{-1}$) in *jhum* lands. Among the primary macronutrients, Nav ($418.68 \text{ kg ha}^{-1}$) and Kav ($256.65 \text{ kg ha}^{-1}$) content reach the maximum values in forest soils, whereas *jhum* land soils have more Pav content (27.96 kg ha^{-1}).

Table 2. Effect of land use on soil properties

Soil parameter (unit)	Forest Mean (\pm SD)	<i>Jhum</i> Mean (\pm SD)	Fallow <i>jhum</i> Mean (\pm SD)
BD (Mg m^{-3})	1.02 (\pm 0.13)	1.06 (\pm 0.11)	0.89 (\pm 0.08)
Silt (%)	25.7 (\pm 5.32)a	31.7 (\pm 6.84)a	42.7 (\pm 8.26)b
Clay (%)	27.0 (\pm 10.89)	21.8 (\pm 8.72)	14.7 (\pm 6.54)
Sand (%)	47.1 (\pm 15.45)	46.3 (\pm 9.97)	42.5 (\pm 14.19)
Porosity (%)	61.5 (\pm 5.00)	59.8 (\pm 4.27)	66.2 (\pm 3.30)
pH (1:2)	5.26 (\pm 0.49)	5.93 (\pm 0.63)	5.13 (\pm 0.69)
SOC (%)	1.2 (\pm 0.54)	1.0 (\pm 0.35)	1.6 (\pm 1.09)
Exch. Ca (cmol (p+) kg^{-1})	1.69 (\pm 0.82)	1.45 (\pm 0.29)	1.67 (\pm 1.06)
Exch. Mg (cmol (p+) kg^{-1})	0.87 (\pm 1.02)	1.61 (\pm 1.04)	2.11 (\pm 0.76)
Exch. Na (cmol (p+) kg^{-1})	0.70 (\pm 0.14)	0.85 (\pm 0.11)	0.58 (\pm 0.024)
Exch. K (cmol (p+) kg^{-1})	0.93 (\pm 1.02)	0.83 (\pm 0.34)	0.75 (\pm 0.25)
CEC (cmol (p+) kg^{-1})	5.39 (\pm 2.97)	4.46 (\pm 1.88)	3.93 (\pm 1.37)
Ca/Mg	1.87 (\pm 1.24)	1.14 (\pm 0.48)	0.93 (\pm 0.47)
Av. N (kg ha^{-1})	423.71 (\pm 58.15)	359.40 (\pm 46.65)	408.03 (\pm 138.62)
Av. P (kg ha^{-1})	26.80 (\pm 1.96)	27.96 (\pm 6.92)	26.07 (\pm 1.65)
Av. K (kg ha^{-1})	256.16 (\pm 53.00)	221.62 (\pm 22.28)	244.27 (\pm 11.94)

a and b indicate significant differences ($P < 0.05$) among different land uses. BD: Bulk density; SOC: Soil Organic Carbon; Exch. Ca: Exchangeable Calcium; Exch. Mg: Exchangeable Magnesium; Exch. Na: Exchangeable Sodium; Exch. K: Exchangeable Potassium; CEC: Cation Exchange Capacity; BS: Base Saturation; Av. N: Available Nitrogen; Av. P: Available Phosphorus; Av. K: Available Potassium

Own elaboration

However, the results of ANOVA indicated that soil properties did not vary significantly ($p < 0.05$) among the land uses, except for silt particles ($F = 6.198, p = 0.020$). To confirm that, we used the coefficient of variation (CV) to assess the variability of soil properties in each land use. Clay, SOC, CEC, BS, and Ca/Mg register the highest variability ($CV > 35\%$) in all three land-use types. In *jhum* fallow land, all the exchangeable cations (Ca, Mg, Na, and K) highly change, whereas, in forest land, Ca and K show a higher variability among exchangeable cations. Moreover, the variation is low ($CV < 0.15\%$) for BD, porosity, and pH in all the land uses.

3.2. Principal component analysis

The results of PCA for the forest, *jhum* and fallow *jhum* are presented in table 3, 4 and 5, respectively. In the forest, five PCs explained 85% of the total variance (Table 3). In PC 1, BD (-0.93), porosity (0.93) and exchangeable Mg (0.86) are the highest weighted properties. Among them, BD can be selected as an indicator of correlation among the highly weighed properties indicate that they are highly and significantly correlated. In PC 2, clay (0.93), sand (-0.95), and BS (0.79) were highly weighed and after correlation (Supplementary information Table S2) and is retained in MDS. Similarly, in PC 3, pH (-0.74), SOC (0.75), Ca: Mg (-0.74) and Nav (0.77) are highly weighed, but only Nav is included in MDS after they are found to be highly correlated. However, in PC 4 and PC 5, only exchangeable Na (0.91) and Pav (0.99) are highly weighed and hence retained in MDS. Thus, BD, sand, Nav, Exch. Na and Pav are the five soil quality indicators selected for evaluating soil quality under forest.

Table 3. Result of principal components, eigenvalues and component matrix variables of forest sites

Principal components	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Eigen values	5.4	3.1	2.6	2.0	1.0
% variance	32.3	18.0	15.8	11.7	6.0
% Cumulative variance	32.3	51.1	66.9	78.7	84.7
Weightage factor	0.38	0.22	0.19	0.14	0.07
Factor loadings (Rotated component matrix)					
BD	-0.93*	-0.00	-0.20	0.17	0.06
Silt	0.02	0.65	0.23	-0.48	0.09
Clay	0.08	0.93	0.16	0.04	0.02
Sand	-0.07	-0.95*	-0.20	0.16	-0.05
porosity	0.93	0.00	0.20	-0.17	-0.06
pH	0.02	-0.10	-0.74	-0.05	-0.08
SOC	0.43	0.09	0.75	0.37	0.03
CEC	0.65	0.03	0.30	0.49	-0.03
Exch. Ca.	-0.65	0.03	0.06	-0.34	0.40
Exch. Mg.	-0.86	-0.21	0.26	-0.12	0.13
Ca:Mg	0.45	-0.05	-0.74	0.34	0.16
Exch. Na.	-0.06	-0.02	0.12	0.91*	0.03
Exch. K.	0.28	0.69	-0.11	0.58	-0.12
BS	-0.10	0.79	-0.21	0.44	-0.16
Av. N	0.27	0.07	0.77*	0.03	0.10
Av. P	-0.19	-0.01	0.08	0.02	0.92*
Av. K	0.61	0.42	0.15	0.48	0.18

*: factors identified as the indicators retained in the Minimum Data Set. PC: Principal components; BD: Bulk density; SOC: Soil Organic Carbon; Exch. Ca: Exchangeable Calcium; Exch. Mg: Exchangeable Magnesium; Exch. Na: Exchangeable Sodium; Exch. K: Exchangeable Potassium; CEC: Cation Exchange Capacity; BS: Base Saturation; Av. N: Available Nitrogen; Av. P: Available Phosphorus; Av. K: Available Potassium

Own elaboration

In the *jhum* land, five PCs explained 87.6% of the total variability. In PC 1, BD (-0.915), porosity (0.91), SOC (0.84), Ex. Mg (-0.77) and BS (0.90) were highly weighed properties (Table 4). The correlation among them indicate a significant relationship, hence, only BD is selected as an SQ indicator. From PC 2, sand (-0.80), silt (-0.78) and Ca/Mg (0.78) is selected and after the correlation analysis, sand is

retained in MDS. In PC 3, clay (0.82) and Kav (0.84) are highly weighted but, only Kav is chosen for MDS because of its relatively higher loading factor than clay. However, in PC 4 and PC 5, only exchangeable Ca (0.80) and Na (0.75) are highly weighted and retained in MDS. Thus, BD, sand, Kav, Exch. Ca and Na are selected in MDS for soil quality evaluation of the jhum land.

Table 4. Result of Principal components, eigenvalues and component matrix variables of Jhum sites

Principal components	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Eigen values	7.0	2.8	2.5	1.3	1.1
% variance	41.4	16.7	14.7	8.0	6.6
% Cumulative variance	41.4	58.1	72.9	80.9	87.6
Weightage factor	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0
Factor loadings (Rotated component matrix)					
BD	-0.91*	-0.05	-0.10	-0.26	-0.18
Silt	0.04	-0.78	-0.36	0.31	-0.10
Clay	-0.34	-0.13	0.82	-0.35	-0.16
Sand	0.24	0.80*	-0.36	0.02	0.22
porosity	0.91	0.05	0.10	0.26	0.18
pH	0.25	0.35	-0.12	0.65	0.40
SOC	0.84	-0.10	0.24	-0.03	-0.15
CEC	0.70	0.55	-0.12	0.18	0.12
Exch. Ca.	0.03	0.15	0.27	-0.80*	-0.09
Exch. Mg.	-0.77	-0.31	0.41	-0.13	-0.17
Ca:Mg	0.30	0.78	-0.22	0.33	-0.18
Exch. Na.	0.11	0.11	-0.06	0.07	0.95*
Exch. K.	-0.27	0.71	0.29	0.32	0.32
BS	-0.90	-0.04	0.32	0.10	-0.02
Av. N	0.37	0.34	-0.09	0.65	-0.19
Av. P	-0.68	-0.49	0.00	-0.07	0.18
Av. K	0.45	0.09	0.84*	-0.19	0.05

*: factor loadings considered highly weighed; asterisk: factors identified as the indicators retained in the Minimum Data Set. PC: Principal components; BD: Bulk density; SOC: Soil Organic Carbon; Exch. Ca: Exchangeable Calcium; Exch. Mg: Exchangeable Magnesium; Exch. Na: Exchangeable Sodium; Exch. K: Exchangeable Potassium; CEC: Cation Exchange Capacity; BS: Base Saturation; Av. N: Available Nitrogen; Av. P: Available Phosphorus; Av. K: Available Potassium

Own elaboration

In the *fallow* jhum lands, four PCs can explain 88% of the variability (Table 5). In PC 1, BD, porosity, Exch, Mg, and Kav are considered as highly weighed properties. Among them, BD is retained in MDS, showing after the correlation analysis a significant relationship. In PC 2, Exch. Ca, Na, Ca/Mg, and Nav is the selected properties. After observing the correlation results, Nav is only the selected variable. In PC 3, clay, Exch. K and BS are the most interrelated properties, but only clay is used in MDS. Finally, in PC 4, silt is the only highly weighed property, therefore, and it is also selected. Thus, BD, silt, clay and Nav are selected as soil quality indicators for the jhum fallow land.

Table 5. Result of Principal components, eigenvalues and component matrix variables of fallow *jhum* sites

Principal components	PC1	PC2	PC3	PC4
Eigen values	5.1	4.6	3.3	1.8
% variance	30.5	27.2	19.6	10.8
% Cumulative variance	30.5	57.8	77.4	88.3
Weightage factor	0.3	0.3	0.2	0.1
Factor loadings (Rotated component matrix)				
BD	-0.89*	-0.15	0.33	-0.03
Silt	-0.12	-0.04	-0.01	-0.95*
Clay	-0.11	0.14	0.90*	0.05

Sand	0.17	-0.07	-0.64	0.68
porosity	0.89	0.15	-0.33	0.03
pH	-0.48	-0.71	-0.27	0.22
SOC	0.66	0.67	-0.24	0.17
CEC	0.57	0.09	-0.53	0.37
Exch. Ca.	0.20	0.88	0.16	0.26
Exch. Mg.	0.75	0.05	0.43	0.43
Ca:Mg	-0.34	0.87	-0.16	0.00
Exch. Na.	0.22	0.77	0.43	-0.35
Exch. K.	-0.05	0.12	-0.82	0.41
BS	-0.03	0.37	0.80	0.08
Av. N	0.07	-0.91*	-0.10	-0.09
Av. P	0.60	-0.15	0.17	-0.58
Av. K	0.75	-0.33	0.38	-0.08

*: factor loadings considered highly weighed; asterisk: factors identified as the indicators retained in the Minimum Data Set. PC: Principal components; BD: Bulk density; SOC: Soil Organic Carbon; Exch. Ca: Exchangeable Calcium; Exch. Mg: Exchangeable Magnesium; Exch. Na: Exchangeable Sodium; Exch. K: Exchangeable Potassium; CEC: Cation Exchange Capacity; BS: Base Saturation; Av. N: Available Nitrogen; Av. P: Available Phosphorus; Av. K: Available Potassium

Own elaboration

3.3. Soil quality under different land uses

Additive and weighted SQIs (Table 6) for the soils in the three different land-use types are calculated to find out the impact of land uses on soil quality. For the surface soil layer, additive SQI shows the highest values as follows: *jhum* > forest > fallow *jhum*. For the subsurface soil (30-70 cm), the same trend is also observed. The weighted SQI of all the three-land use also follows the same trend as additive SQI. Moreover, in both additive and weighted index methods, the SQIs are similar for both surface and subsurface soils. In the surface soil, the mean value of both SQI is significantly different for three land uses. *Jhum* soils obtain the highest SQIs (3.90 and 0.78), followed by the forest (3.34 and 0.68) and fallow *jhum* (2.61 and 0.66). Similarly, mean SQI values significantly vary for surface and subsurface soil layers, but SQIs are not significantly different for the forest and *jhum*. However, fallow *jhum* has the lowest value of SQIs.

Table 6. Soil quality index (SQI) values for different land uses sites at two depths

Parameters	Forest			<i>Jhum</i>			Fallow <i>jhum</i>		
	ID	Depth (cm)		ID	Depth (cm)		ID	Depth (cm)	
		0-30	30-70		0-30	30-70		0-30	30-70
Additive index	FS1	3.27	3.48	Jh1	4.15	3.97	Fjh1	2.46	2.55
	FS2	3.14	3.02	Jh2	3.68	3.54	Fjh2	2.45	2.28
	FS3	3.55	3.63	Jh3	3.67	3.75	Fjh3	2.90	3.11
	FS4	3.15	3.44	Jh4	4.07	3.94	-	-	-
	FS5	3.59	3.51	-	-	-	-	-	-
	Mean (±SD)	3.34 (±0.21)b	3.42 (±0.23)b	Mean (±SD)	3.90 (±0.25)c	3.80 (±0.19)b	Mean (±SD)	2.61 (±0.25)a	2.64 (±0.42)a
Weighted index	FS1	0.66	0.71	Jh1	0.82	0.81	Fjh1	0.67	0.68
	FS2	0.65	0.63	Jh2	0.76	0.74	Fjh2	0.62	0.58
	FS3	0.74	0.75	Jh3	0.76	0.79	Fjh3	0.70	0.77
	FS4	0.70	0.76	Jh4	0.79	0.78	-	-	-
	FS5	0.69	0.69	-	-	-	-	-	-
	Mean (±SD)	0.68 (±0.03)a	0.70 (±0.05)ab	Mean (±SD)	0.78 (±0.02)b	0.78 (±0.02)b	Mean (±SD)	0.66 (±0.04)a	0.67 (±0.09)a

*For site labels see Table 1

Own elaboration

4. Discussion

4.1. Soil quality indicators

The soil physicochemical properties under three different land uses were evaluated for their capability to serve as potential indicators for monitoring soil quality changes due to shifting cultivation in the NEH region of India. Firstly, it is important to remark that we recorded the highest mean value of BD in *jhum* lands, followed by forest and fallows *jhum*, meanwhile, a reverse trend was observed for SOC content. These results were consistent with the findings of Sharma, Gairola, Ghildiyal, & Suyal (2010) who reported that BD and organic C were negatively correlated (-0.45) in soils of western Himalayas. Moreover, it is a well-established fact that BD and C are inversely proportional to each other (Post & Kwon, 2000; Pulido, Schnabel, Lavado-Contador, Miralles Mellado, Ortega & Pérez, 2013), as the lower value of BD in the soil is an indicator of higher SOM content and good aeration (NRC, 1981). Leskiw (1998) also reported that forest soils should be slightly acidic for proper nutrient supply. Similarly, soils under forest areas in our study were acidic to slightly acidic as compared to other land use. The variation observed in clay, SOC, Exch. cations and CEC under the studied land uses may be attributed to a combination of intrinsic factors such as weathering, erosion, deposition, and soil-forming processes and extrinsic ones such as management practices (Pulido et al., 2020; Vasu et al., 2016).

As many as twenty-one soil properties were suggested as potential indicators for soil quality evaluation under different ecosystems by earlier studies (Askari & Holden, 2015). However, the use of PCA showed to be a useful tool to reduce the possible number of variables. In this way, it is important to remark that the BD was repeated as MDS for all the land uses, indicating its effectiveness as an indicator for soil quality monitoring in the *jhum* cultivation system. The importance of BD as an SQ indicator was also indicated by Askari & Holden (2015) in their study in the grassland of Ireland, coinciding with other authors, because it plays an important role in the regulation of water transmission (Rawls et al., 1998) and root penetration (Pierce, Larson, Dowdy, & Graham 1983). The values of BD in the forest and fallow *jhum* were lower than the *jhum* lands and it generally increased according to the depth. Generally, BD increases with profile depth, due to the variation in organic matter content, porosity and compaction (Askari & Ozdemir, 2003; Chaudhari, Ahire, Ahire, Chkravarty, & Maity, 2013).

Soil texture was also reported as an important soil quality indicator in earlier studies (Brejda & Moorman, 2001; Cho, Zoebisch & Ranamukhaarachchi, 2004; Shukla, Lal, & Ebinger 2006). Our results were also consistent with these earlier studies, as sand was obtained for the forest and *jhum* as soil quality indicator, meanwhile, clay and silt were indicators for fallow *jhum*. Recently, Vinhal-Freitas, Correa, Wendling, Bobul'skác, & Ferreira. (2017) also reported the importance of soil textural classes in evaluating the soil functions and their quality, specifically, in tropical ecosystems like in our study area. The variation in textural classes among land uses was also reported in our study. According to Rao & Wagenet (1985), differences in clay content along the soil profile depth is the result of weathering, erosion, deposition, and soil-forming processes. In our case, possibly, this kind of variation can be also generated by these processes regarding the total rainfall and high mean temperatures.

In the current study, macronutrients (Nav and Pav) were obtained as the soil indicators for forest sites, while in *jhum* areas only Kav was selected as an SQ indicator. The significance of macronutrients in MDS can be attributed to their importance in sustaining plant productivity and soil fertility. As in this study, Kav and Nav were also selected as SQ indicators for restoration of degraded lands in the alpine region of the Qinghai-Tibetan Plateau of China (Dong et al., 2012). In *jhum* lands, Exch. Ca²⁺ and Na⁺ were also considered in PCA, while Na⁺ was selected for forest sites. Soil chemical properties, like CEC (Khaledian et al., 2017) and extractable anion and cations have been used as effective chemical indicators of soil quality. In most of the sites, the value of CEC was found to be decreasing with depth. These results are in the line with the findings of Khan and Kamalkar (2012), who reported that in upland soils, the values of CEC decrease with depth, due to its correspondence with the clay content (Bhaskar, Butte & Utpal Brauah, 2005).

4.2. Effect of land use on SQI

Deriving SQI from a concrete number of parameters, using PCA and MDS, was demonstrated as a useful approach to evaluate the sustainability of land use. The quality of the studied soils was influenced by land use and soil layers. In the surface layer (0-30cm), *jhum* land soils show better SQIs in comparison to the forest and fallow *jhum*. A higher value of additive and weighted SQI in *jhum* lands can be supported

by the fact that before the cultivation, vegetation was slashed and burned in fields, which increases the availability of nutrients (P, K, Ca and Mg) (Lungmuanaa et al., 2017) and results in a better fertility status in surface layers. Moreover, the ash of burned biomass releases alkaline cations which help in maintaining neutral pH level and the availability of soil nutrients (Dikici & Yilmaz, 2006). But as Granged, Zavala, Jordan & Moreno (2011) observed, these effects were short-term (8-12 months).

The relatively better quality of soils under shifting cultivation was also reported by other above-mentioned authors. However, this improved status of nutrients can decline in subsequent years, due to cultivation, leaching, runoff and soil erosion as registered by other authors in Mizoram state of India (Tawnenga, Shankar & Tripathi, 1997). The slightly lower value of SQI in the forest sites in comparison to the *jhum* ones can be supported by the fact that much of the nutrient reserve of tropical forests is stored in plant tissue but critical nutrient limitation will occur if biomass is removed (Dalling, Heineman, Lopez, Wright, & Turner 2016). A lower value of additive and weighted SQI in fallow *jhum* lands may be attributed to the fast growth of the second successive vegetation during the fallow period. In the fallow *jhum* lands, a soil recovery process takes place and over the years, organic matter, N, and CEC can increase (Mendoza-Vega & Messing, 2005). Also, the age of vegetation (shrub and perennial grass species) can determine the magnitude of the improvement in soil quality as Caravaca et al. (2003) observed in of Murcia Province of southeastern Spain. Our findings indicate that the conversion of forests into *jhum* lands will not hamper the soil quality in NEH. But the cultivation in subsequent years can make the soil more prone to erosion, compaction, degradation of physical attributes, SOC loss, and reduction in nutrient availability, which will go to reduce soil quality.

Finally, we can highlight some issues related to our consideration of analyzing our results separately instead of all together. Firstly, we considered that it is vital to compare three types of land uses, although inside each type of use we obtained by PCA high eigenvalues for PC1-5. The main goal was to find variables to distinguish sites as much as possible inside each type of use instead of between different type of use as it is common. To confirm with another method our hypothesis, we also use the SQI. In the future, we will consider the use of the whole data set (including all three types of use) to look for eigenvalues with lower values. Secondly, it would be interesting to use one dimension and not complexity data for modifying the application of the PCA in this study. The initial data matrix could be transformed. One possibility could be the centered log-ratio transformation to the working matrix $\text{clr}(x)$ as it was developed by Kholodov et al. (2019) according to the equation: $\text{clr}(x) = [\log\{x_1/g(x)\}, \dots, \log\{x_i/g(x)\}]$, where x would denote the initial data, and $g(x)$ their geometric mean. Perhaps because the matrix transformation was not carried out our results were based on specific agronomic factors such as BD with one of the smallest variation coefficient.

5. Conclusions

We identified that BD, soil texture, Nav, Pav, Kav, Exch. Ca and Na is the major indicators of soil quality in NEH, India. The use of these selected indicators in soil quality assessment was really useful in terms of reduction in analysis cost and time. The study indicated that surface layers of forests soils have a lower soil quality when compared to the *jhum* lands. Although the *jhum* lands show a better soil quality compared to forests, their continued cultivation without fertilization and subsequent depletion of the soil nutrients can cause a degradation of soil quality as observed in the fallow *jhum* lands. However, further studies, including some biological indicators such as enzyme activities and microbial counts would be needed to better understand the complexity of shifting cultivation and to assess the soil functions in the studied region and design effective and correct land use management plans.

Acknowledgements

We thank all the staff of Rain Forest Research Institute, Jorhat, Assam, who was knowingly or unknowingly provided their help, support and cooperation in completing the study. This research was funded by the Indian Council of Forestry Research and Education (ICFRE), Dehradun, India. The authors gratefully thank the anonymous reviewers and the editors whose valuable suggestions and comments have helped enrich the quality of this article.

Appendix

Appendix 1. Descriptive statistics of soil properties used for soil quality assessment in forest areas

Variable (unit)	Min	Max	Mean	Std. dev	CV	Skewness
BD (Mgm ⁻³)	0.76	1.31	1.03	0.13	0.12	0.43
Silt (%)	18.1	38.2	26.4	6.0	0.2	0.6
Clay (%)	15.0	53.3	28.2	1.3	0.4	0.6
Sand (%)	21.8	66.2	45.2	15.2	0.3	-0.0
Porosity (%)	50.7	71.3	61.3	4.7	0.0	-0.4
pH (1:2)	3.56	6.25	5.29	0.60	0.11	-1.17
SOC (%)	0.4	3.1	1.1	0.6	0.6	1.5
Exch. Ca (cmol (p+) kg ⁻¹)	0.71	3.70	1.74	0.88	0.50	0.99
Exch. Mg (cmol (p+) kg ⁻¹)	0.25	3.38	1.87	0.80	0.66	1.33
Exch. Na (cmol (p+) kg ⁻¹)	0.36	0.93	0.70	0.18	0.26	-0.56
Exch. K (cmol (p+) kg ⁻¹)	0.27	3.07	1.00	1.03	1.03	1.32
CEC (cmol (p+) kg ⁻¹)	1.79	16.29	5.19	3.57	0.69	1.78
BS (%)	7.1	58.3	21.1	12.4	0.6	1.6
Ca/Mg	0.65	5.21	1.87	1.24	0.66	1.55
Av. N (kg ha ⁻¹)	224.00	638.62	418.68	97.70	0.23	0.11
Av. P (kg ha ⁻¹)	19.68	38.50	27.02	4.69	0.17	0.90
Av. K (kg ha ⁻¹)	112.00	336.00	256.65	67.44	0.26	-0.35

BD: Bulk density; SOC: Soil Organic Carbon; Exch. Ca: Exchangeable Calcium; Exch. Mg: Exchangeable Magnesium; Exch. Na: Exchangeable Sodium; Exch. K: Exchangeable Potassium; CEC: Cation Exchange Capacity; BS: Base Saturation; Av. N: Available Nitrogen; Av. P: Available Phosphorus; Av. K: Available Potassium

Own elaboration

Appendix 2. Descriptive statistics of soil properties used for soil quality assessment in *jhum* land

Variable	Min	Max	Mean	Std. dev	CV	Skewness
BD (Mg m ⁻³)	0.93	1.32	1.06	0.11	0.11	1.27
Silt (%)	18.5	49.6	31.7	10.0	0.3	0.5
Clay (%)	6.7	41.0	21.8	9.4	0.4	0.1
Sand (%)	26.5	63.5	46.3	11.3	0.2	-0.1
Porosity (%)	50.1	64.9	59.8	4.2	0.0	-1.2
pH (1:2)	4.55	7.05	5.9	0.73	0.12	0.11
SOC (%)	0.4	1.6	1.0	0.4	0.4	-0.0
Exch. Ca (cmol (p+) kg ⁻¹)	0.99	2.19	1.46	0.37	0.25	0.89
Exch. Mg (cmol (p+) kg ⁻¹)	0.72	4.40	1.61	1.04	0.42	1.81
Exch. Na (cmol (p+) kg ⁻¹)	0.61	1.72	0.85	0.26	0.30	2.84
Exch. K (cmol (p+) kg ⁻¹)	0.38	1.64	0.84	0.37	0.45	0.86
CEC (cmol (p+) kg ⁻¹)	1.75	7.26	4.46	1.90	0.43	0.10
BS (%)	8.6	55.6	25.2	14.9	0.5	0.9
Ca/Mg	0.31	1.65	1.14	0.48	0.42	-0.52
Av. N (kg ha ⁻¹)	246.40	456.96	359.39	63.51	0.18	-0.32
Av. P (kg ha ⁻¹)	11.54	38.90	27.96	7.14	0.26	-0.55
Av. K (kg ha ⁻¹)	168.80	272.00	221.63	29.78	0.13	-0.14

BD: Bulk density; SOC: Soil Organic Carbon; Exch. Ca: Exchangeable Calcium; Exch. Mg: Exchangeable Magnesium; Exch. Na: Exchangeable Sodium; Exch. K: Exchangeable Potassium; CEC: Cation Exchange Capacity; BS: Base Saturation; Av. N: Available Nitrogen; Av. P: Available Phosphorus; Av. K: Available Potassium

Own elaboration

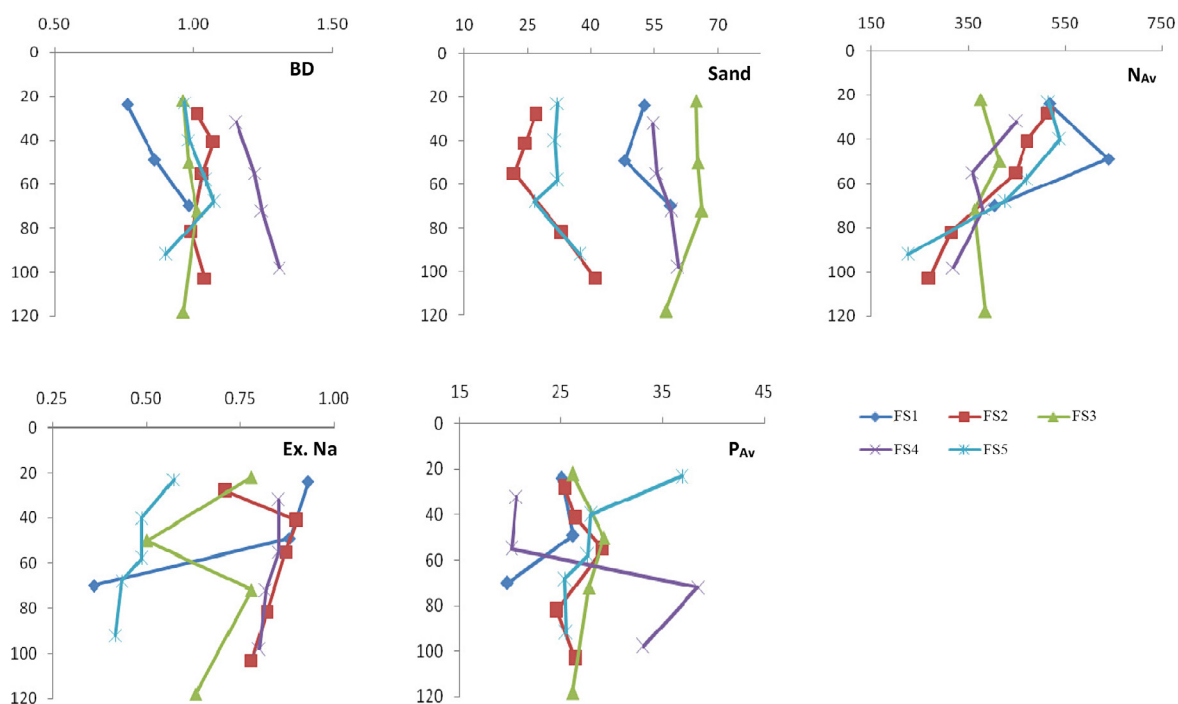
Appendix 3. Descriptive statistics of soil properties used for soil quality assessment in fallow *jhum* areas

Variable	Min	Max	Mean	Std. dev	CV	Skewness
BD (Mg m ⁻³)	0.74	1.07	0.90	0.11	0.13	0.36
Silt (%)	26.8	59.9	42.4	9.9	0.2	0.5
Clay (%)	1.6	29.2	14.2	9.3	0.6	0.3
Sand (%)	23.8	59.0	43.2	13.0	0.3	-0.3
Porosity (%)	59.5	72.2	66.2	4.3	0.0	-0.3
pH (1:2)	4.22	6.08	5.19	0.66	0.13	0.00
SOC (%)	0.4	3.2	1.6	1.0	0.6	0.5
Exch. Ca (cmol (p+) kg ⁻¹)	0.59	3.87	1.60	1.05	0.66	1.27
Exch. Mg (cmol (p+) kg ⁻¹)	1.22	6.34	2.08	1.33	0.64	3.18
Exch. Na (cmol (p+) kg ⁻¹)	0.29	0.77	0.56	0.22	0.39	-0.50
Exch. K (cmol (p+) kg ⁻¹)	0.34	1.32	0.76	0.28	0.37	0.11
CEC (cmol (p+) kg ⁻¹)	1.97	7.20	3.97	1.63	0.41	0.62
BS (%)	50.6	215.6	121.6	45.1	0.3	0.4
Ca/Mg	0.28	3.17	0.90	0.76	0.85	2.52
Av. N (kg ha ⁻¹)	179.20	417.69	229.76	140.49	0.34	-0.14
Av. P (kg ha ⁻¹)	19.26	29.79	25.94	3.50	0.13	-0.65
Av. K (kg ha ⁻¹)	144.00	347.00	243.57	53.05	0.22	-0.04

BD: Bulk density; SOC: Soil Organic Carbon; Exch. Ca: Exchangeable Calcium; Exch. Mg: Exchangeable Magnesium; Exch. Na: Exchangeable Sodium; Exch. K: Exchangeable Potassium; CEC: Cation Exchange Capacity; BS: Base Saturation; Av. N: Available Nitrogen; Av. P: Available Phosphorus; Av. K: Available Potassium

Own elaboration

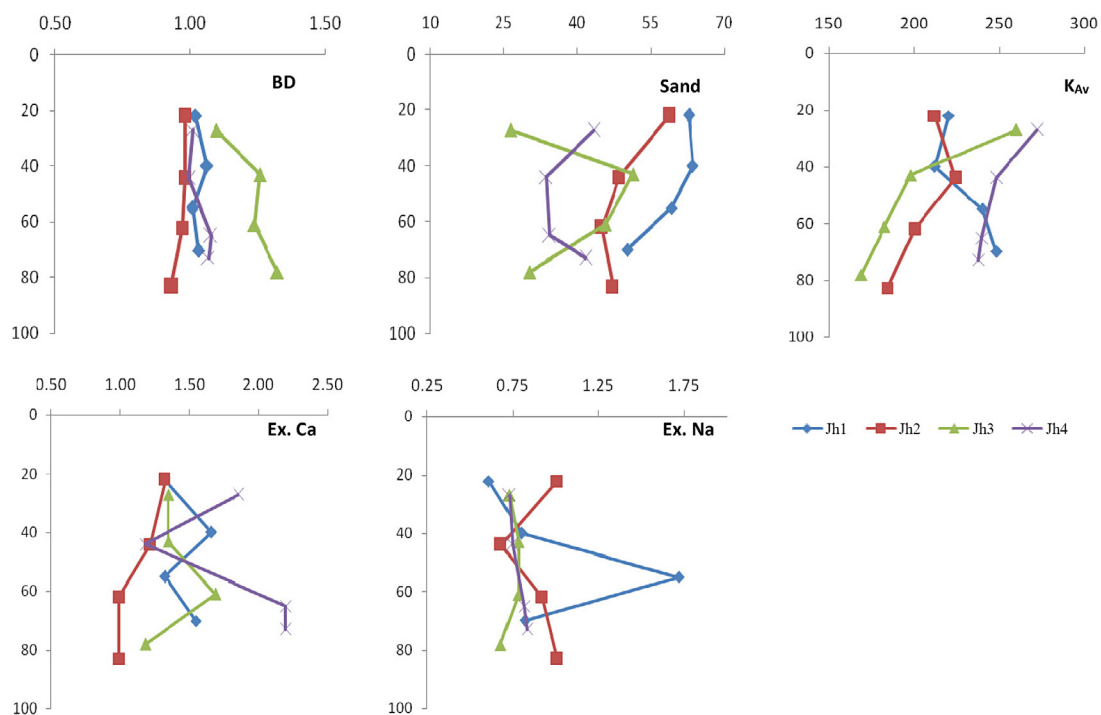
Appendix 4. Depth-wise distribution of soil indicators selected after principal component analysis for each profile under Forests



*BD: Bulk density (gm cc⁻³), Sand (%), N_{av}: Available Nitrogen (kg ha⁻¹), Exch. Na: Exchangeable Sodium (cmol (p⁺) kg⁻¹), P_{av}: Available Phosphorus (kg ha⁻¹)

Own elaboration

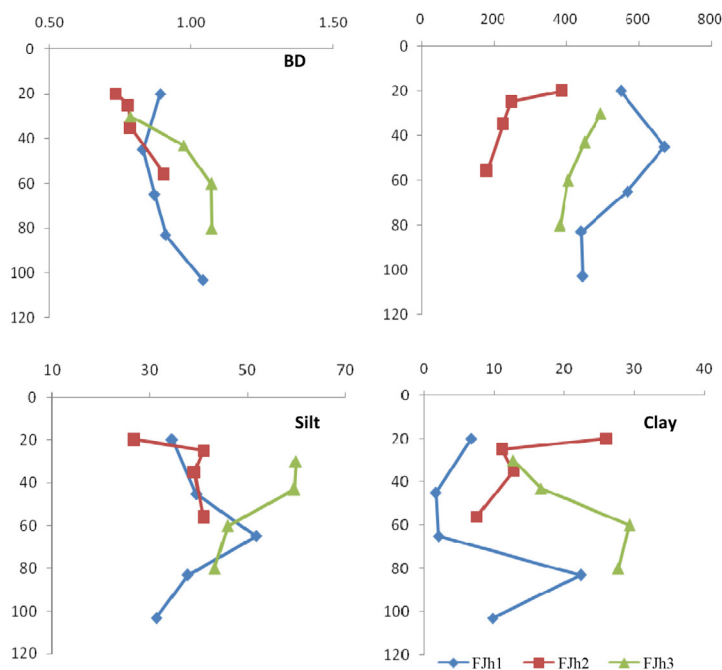
Appendix 5. Depth-wise distribution of soil indicators, selected after principal component analysis, for each profile under Jhum lands



*BD: Bulk density (gm cc^{-3}), Sand (%), K_{av} : Available Potassium (kg ha^{-1}), Exch. Ca: Exchangeable Calcium ($\text{cmol (p}^+) \text{ kg}^{-1}$), Exch. Na: Exchangeable Sodium ($\text{cmol (p}^+) \text{ kg}^{-1}$)

Own elaboration

Appendix 6. Depth-wise distribution of soil indicators, selected after principal component analysis, for each profile under fallow jhum lands.



*BD: Bulk density (gm cc^{-3}), N_{av} : Available Nitrogen (kgha^{-1}), Silt (%), Clay (%)

Own elaboration

References

- Andrews, S.S., Flora, C.B., Mitchell, J.P., & Karlen, D.L. (2003). Grower's perceptions and acceptance of soil quality indices. *Geoderma*, 114(3-4), 187–213. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00041-7](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00041-7)
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., & Mitchell, J.P. (2002). A comparison of soil quality indices methods for vegetable production system in northern California. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90(1), 25–45. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00174-8)
- Armenise, E., Redmile-Gordon, M.A., Stellacci, A.M., Ciccacese, A., Rubino, P. (2013). Developing a soil quality index to compare soil fitness for agricultural use under different managements in the Mediterranean environment. *Soil and Tillage Research*, 130, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.02.013>
- Arunachalam, A. (2002). Dynamics of soil nutrients and microbial biomass during first year cropping in an 8-year jhum cycle. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 64(3), 283–291. <https://doi.org/10.1023/A:1021488621394>
- Assefa, F., Elias, E., Soromessa, T., & Ayele, G. T. (2020). Effect of Changes in Land-Use Management Practices on Soil Physicochemical Properties in Kabe Watershed, Ethiopia. *Air, Soil and Water Research*, 13, 1178622120939587. <https://doi.org/10.1177/1178622120939587>
- Askari, M.S., & Holden, N.M. (2015). Quantitative soil quality indexing of temperate arable management systems. *Soil and Tillage Research*, 150, 57–67. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.01.010>
- Askin, T., & Ozdemir, N. (2003). Soil bulk density as related to soil particle size distribution and organic matter content. *Poljoprivreda/Agriculture*, 9, 52–55
- Ayoubi, S., Khormali, F., Sahrawat, K.L., & Rodrigues, de Lima, A.C. (2011). Assessing impacts of land use change on soil quality indicators in a loessial soil in Golestan Province Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13(5), 727–742. <http://oar.icrisat.org/id/eprint/1272>
- Bhaskar, B.P., Butte, P.S., & Utpal Brauah, S. (2005). Characterization of soils in the 'Bil' environs of Brahmaputra valley in Jorhat district, Assam for landuse interpretation. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 53, 3–10.
- Blake, G.R., & Hartge, K.H. (1986). Bulk density. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 1, Physical and Mineralogical Methods, second ed.* SSSA Book Series No. 5 (pp. 951–984). <https://doi.org/10.1002/gea.3340050110>
- Bray, R.H., & Kurtz, L.T. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59, 39–46. <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-194501000-00006>
- Brejda, J.J., & Moorman, T.B. (2001). Identification and interpretation of regional soil quality factors for the central high plains of the Midwestern USA. In D.E. Stott, R.H. Mohtar and G.C. Steinhardt (Eds), *Sustaining the global farm* (pp. 535–540). Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organisation Meeting held during May 24– 29 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.
- Caravaca, F., Figueroa, D., Barea, J.M., Azcón-Aguilar, C., Palenzuela, J., & Roldán, A. (2003). The role of relict vegetation in maintaining physical, chemical, and biological properties in an abandoned stipa-grass agroecosystem. *Arid Land Research and Management*, 17(2), 103–111. <https://doi.org/10.1080/15324980301585>
- Ceccarelli, T., Bajocco, S., Luigi Perini, L., & Luca Salvati, L. (2014). Urbanisation and Land Take of High Quality Agricultural Soils—Exploring Long-term Land Use Changes and Land Capability in Northern Italy. *International Journal of Environmental Research*, 8(1), 181–192. <https://doi.org/10.22059/ijer.2014.707>
- Chaplot, V., Bouahom, B., & Valentin, C. (2010). Soil organic carbon stocks in Laos: spatial variations and controlling factors. *Global Change Biology*, 16(4), 1380–1393. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02013.x>
- Chase, P., & Singh, O.P. (2014). Soil nutrients and fertility in three traditional land use systems of Khonoma, Nagaland, India. *Resources and Environment*, 4(4), 181–189.
- Chaudhari, P.R., Ahire, D.V., Ahire, V.D., Chkravarty, M., & Maity, S. (2013). Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(2), 1–8.

- Cho, K.M., Zoebisch, M.A., & Ranamukhaarachchi, S.L. (2004). Land-use dependent soil quality in the Lam PhraPhloeng watershed, northeast Thailand. In 13th International Soil Conservation Organisation Conference on “Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions” (paper no. 119). Brisbane: ISCO. Retrieved from <https://www.tucson.ars.ag.gov/isco/isco13/PAPERS%20A-E/CHO.pdf>
- Colantoni, A., Ferrara, C., Perini, L., & Salvati, L. (2015). Assessing trends in climate aridity and vulnerability to soil degradation in Italy. *Ecological Indicators*, 48, 599–604. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.031>
- Coyle, D. R., Nagendra, U. J., Taylor, M. K., Campbell, J. H., Cunard, C. E., Joslin, A. H., ... Callaham Jr., M. A. (2017). Soil fauna responses to natural disturbances, invasive species, and global climate change: Current state of the science and a call to action. *Soil Biology and Biochemistry*, 110, 116–133. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.03.008>
- Dalling, J.W., Heineman, K., Lopez, O.R., Wright, S.W., & Turner, B.L. (2016). Nutrient Availability in Tropical Rain Forests: The Paradigm of Phosphorus Limitation. In G. Goldstein & L. S. Santiago (Eds.), *Tropical Tree Physiology* (pp. 261-273). https://doi.org/10.1007/978-3-319-27422-5_12
- Dikici, H., & Yilmaz, C.H. (2006). Peat fire effects on some properties of an artificially drained peatland. *Journal of environmental Quality*, 35, 866–870. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0170>
- Dong, S.K., Wen, L., Li, Y.Y., Wang, X.X., Zhu, L., & Li, X.Y. (2012). Soil-quality effects of grassland degradation and restoration on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Soil Science Society of America Journal*, 76(6), 2256–2264. <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0092>
- Enaruvbe, G. O., & Atafo, O. P. (2019). Land cover transition and fragmentation of River Ogba catchment in Benin City, Nigeria. *Sustainable Cities and Society*, 45, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.11.022>
- FAO. (1957). Shifting cultivation. *Unasylva*, 11, 9–11.
- Granged, A.J.P., Zavala, L.M., Jordan, A., & Moreno, G.B., 2011. Post-fire evolution of soil properties and vegetation cover in a Mediterranean heathland after experimental burning: a 3-year study. *Geoderma*, 164, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.05.017>
- Gbejewoh, O., Keesstra, S., & Blancquaert, E. (2021). The 3Ps (Profit, Planet, and People) of Sustainability amidst Climate Change: A South African Grape and Wine Perspective. *Sustainability*, 13(5), 2910. <https://doi.org/10.3390/su13052910>
- Handayani, I.P. (2004). Soil quality changes following forest clearance in Bengkulu, Sumatra. *Biotropia*, 22, 15-28. <https://doi.org/10.11598/btb.2004.0.22.205>
- Inoue, Y., Kiyono, Y., Asai, H., Ochiai, Y., Qi, J., Olioso, A., ..., & Dounagsavanh, L. (2010). Assessing land-use and carbon stock in slash-and-burn ecosystems in tropical mountain of Laos based on time-series satellite images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12(4), 287–297.
- IPCC. (2007). In L. Bernstein, P. Bosch, O. Canziani, O., Z. Chen, R. Christ, O. Davidson, ... & G. Yohe. (Eds.), *Climate Change 2007: Synthesis report. An assessment of the intergovernmental panel on climate change*. Valencia, Spain: IPCC. Retrieved from http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/syr/ar4_syr.pdf. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/e...
- IUSS Working Group WRB. (2015). *World reference base for soil resources 2014, update 2015 international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. Rome: FAO. (World Soil Resources Reports No. 106).
- Khaledian, Y., Brevik, E.C., Pereira, P., Cerdà, A., Fattah, M.A., & Tazikeh, H. (2017). Modeling soil cation exchange capacity in multiple countries. *Catena*, 158, 194–200. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.07.002>
- Khan, M.A., & Kamalakar, J. (2012). Physical, physico-chemical and chemical properties of soils of newly established Agro-biodiversity Park of Acharya NG Ranga Agricultural University, Hyderabad, Andhra Pradesh. *International Journal of Farm Sciences*, 2(2), 102-116.
- Kholodov V.A., Yaroslavtseva N.V, Farkhodov Y.R., Belobrov V.P., Yudin S.A., Aydiev A.Ya., ..., & Frid A.S. (2019). Changes in the Ratio of Aggregate Fractions in Humus Horizons of Chernozems in Response to the Type of Their Use. *Eurasian Soil Science*, 52(2), 162–170. <https://doi.org/10.1134/S1064229319020066>

- Klute, A. (Ed.) (1986). *Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. In *Soil Science Society of America Book Series, No. 5* (pp. 687–734). Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America.
- Leskiw, L.A. (1998) *Land capability classification for forest ecosystem in the oil stands region*. Edmonton: Alberta Environmental Protection.
- Li, P., Zhang, T., Wang, X., & Yu, D. (2013). Development of biological soil quality indicator system for subtropical China. *Soil and Tillage Research*, 126, 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.07.011>
- Liu, Z.J., Zhou, W., Shen, J.B, Li, S.T, Liang, G.Q., Wang, X.B., & Sun J-W. (2014). Soil quality assessment of acid sulfate paddy soils with different productivities in Guangdong Province, China. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(1), 177–186. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60594-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60594-8)
- Lohbeck, M., Poorter, L., Martínez-Ramos, M., & Bongers, F (2015). Biomass is the main driver of changes in ecosystem. *Ecology*, 96, 1242–1252. <https://doi.org/10.1890/14-0472.1>
- Lungmuanaa, Singha, S.B., Vanthawmliana, Saha, S., Duttaa, S.K., Rambuatsaiha, Singh, A.R., & Boopathia, T. (2017). Impact of secondary forest fallow period on soil microbial biomass carbon and enzyme activity dynamics under shifting cultivation in North Eastern Hill region, India. *Catena*, 156, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.03.017>
- Marzaioli, R., D'Ascoli, R., De Pascale, R.A., & Rutigliano, F.A. (2010). Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. *Applied Soil Ecology*, 44(3), 205–212. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.12.007>
- Mendoza-Vega, J., & Messing, I. (2005). The influence of land use and fallow period on the properties of two calcareous soils in the humid tropics of southern Mexico. *Catena*, 60, 279–292. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2004.12.002>
- Mishra, G., Marzaioli, R., Giri, K., Borah, R., Dutta, A., & Jayaraj, R.S.C. (2017). Soil quality assessment under shifting cultivation and forests in Northeastern Himalaya of India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(10), 1355–1368. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1281390>
- Mishra, G., Jangir, A., & Francaviglia, R. (2019). Modeling soil organic carbon dynamics under shifting cultivation and forests using RothC model. *Ecological Modeling*, 396, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.01.016>,
- Mishra, G., & Sarkar, A (2020). Studying the relationship between total organic carbon and soil carbon pools under different land management systems of Garo hills, Meghalaya. *Journal of Environmental Management*, 257, 1 March 2020, 10002. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.110002>
- Mulugeta, L., Karlton, E., & Olsson, M. (2005). Assessing soil chemical and physical property responses to deforestation and subsequent cultivation in smallholders farming system in Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 105(1-2), 373–386. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.046>
- Nega, E., & Heluf, G. (2009). Influence of land use changes and soil depth on cation exchange capacity and contents of exchangeable bases in the soils of Senbat Watershed, western Ethiopia. *Ethiopian Journal of Natural Resources*, 11(2), 195–206.
- NRC (National Research Council). (1981). *Surface Mining: Soil, Coal and Society*. New York: National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/19654>
- Patel, T., Karmakar, S., Sanjog, J., Kumar, S., & Chowdhury, A. (2013). Socio-economic and environmental changes with transition from shifting to settled cultivation in North-Eastern India: an ergonomics perspective. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 3(2), 117–136.
- Pierce, F.J., Larson, W.E., Dowdy, R.H., & Graham, W.A.P. (1983). Productivity of soils: assessing long-term changes due to erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, 38(1), 39–44.
- Poorter, L., van der Sande, M.T., Thompson, J., Arets, E.J., Alarcón, A., Álvarez-Sánchez, J. ... & Peña-Claros M. (2015). Diversity enhances carbon storage in tropical forests. *Global Ecology and Biogeography*, 24(11), 1314–1328. <https://doi.org/10.1111/geb.12364>
- Post, W.M., & Kwon, K.C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global change biology*, 6(3), 317–327. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00308.x>
- Pulido, M., Schnabel, S., Lavado-Contador, J.F, Miralles Mellado, I., Ortega & Pérez, R. (2013). Soil organic matter of Iberian open woodland rangelands as influenced by vegetation cover and land management. *Catena*, 109, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.05.002>





- Pulido, M., Keshavarzi, A., Rodrigo-Comino, J., Schnabel, S., Contador, J. F. L., Gutiérrez, Á. G., ... Cerdà, A. (2020). Developing scoring functions to assess soil quality at a regional scale in rangelands of SW Spain. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 44. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20200090>
- Ramakrishnan, P.S., & Toky, O.P. (1981). Soil nutrient status of hill agroecosystems and recovery pattern after slash and burn agriculture (jhum) in north-eastern India. *Plant and Soil*, 60(1), 41–64. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02377111>
- Rao, P.S.C., & Wagenet, R.J. (1985). Spatial variability of field soils: methods for data analysis and consequences. *Weed Science*, 33(S2), 18–24. <https://doi.org/10.1017/S0043174500083764>
- Rathore, S.S. (2008). Paradigm shift for enhancing rice productivity in Nagaland: Existing practices and their refinement. *Himalayan Eco*, 16(2), 17–25.
- Rawls, R.J., Gimenez, D., & Grossman, R. (1998). Use of soil texture, bulk density, and slope of the water retention curve to predict saturated hydraulic conductivity. *Transactions of the ASABE*, 41, 983–988. <https://doi.org/10.13031/2013.17270>
- Ribeiro Filho, A.A., Adams, C., & Murrieta, R.S.S. (2013). The impacts of shifting cultivation on tropical forest soil: a review. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 8(3), 693–727. <https://doi.org/10.1590/S1981-81222013000300013>
- Rodrigo-Comino, J., Keshavarzi, A., Bagherzadeh, A., & Brevik, E.C., (2019). The use of multivariate statistical analysis and soil quality indices as tools to be included in regional management plans. A case study from the Mashhad Plain, Iran. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 45, 687–708. <https://doi.org/10.18172/cig.3640>
- Rodrigo-Comino, J., Terol, E., Mora, G., Giménez-Morera, A., & Cerdà, A. (2020). Vicia sativa Roth. Can Reduce Soil and Water Losses in Recently Planted Vineyards (*Vitis vinifera* L.). *Earth Systems and Environment*, 4(4), 827–842. <https://doi.org/10.1007/s41748-020-00191-5>
- Rodrigo-Comino, J., López-Vicente, M., Kumar, V., Rodríguez-Seijo, A., Valkó, O., Rojas, C., ... Panagos, P. (2020). Soil Science Challenges in a New Era: A Transdisciplinary Overview of Relevant Topics. *Air, Soil and Water Research*, 13, 1178622120977491. <https://doi.org/10.1177/1178622120977491>
- Saha, R., Chaudhary, R.S., & Somasundaram, J. (2012). Soil health management under hill agroecosystem of North East India. *Applied and Environmental Soil Science*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2012/696174>
- Salehi, A., Wilhelmsson, E., & Soderberg, U. (2008). Land cover changes in a forested watershed, southern Zagros, Iran. *Land Degradation & Development*, 19(5), 542–553. <https://doi.org/10.1002/ldr.860>
- Salvati, L., Bajocco, S., Ceccarelli, T., Zitti, M., & Perini, L. (2011). Towards a process-based evaluation of land vulnerability to soil degradation in Italy. *Ecological Indicators*, 11(5), 1216–1227. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.12.024>
- Sánchez-Navarro, A., Gil-Vázquez, J. M., Delgado-Iniesta, M. J., Marín-Sanleandro, P., Blanco-Bernardeau, A., & Ortiz-Silla, R. (2015). Establishing an index and identification of limiting parameters for characterizing soil quality in Mediterranean ecosystems. *Catena*, 131, 35–45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.023>
- Sarkar, D., Meitei, Ch.B., Baishya, L.K., Das, A., Ghosh, S., Chongloi, K.L., & Rajkhowa, D.J. (2015). Potential of fallow chronosequence in shifting cultivation to conserve soil organic carbon in northeast India. *Catena*, 135, 321–327. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.08.012>
- Schollenberger, C.J., & Simon, R.H., (1945). Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil. Ammonium acetate method. *Soil Science*, 59(1), 13–24. <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-194501000-00004>
- Sharma, C.M., Gairola, S., Ghildiyal, S.K., & Suyal S. (2010). Physical Properties of Soils in Relation to Forest Composition in Moist Temperate Valley Slopes of the Central Western Himalaya. *Journal of Forest and Environmental Science*, 26(2), 117–129.
- Shukla, M.K., Lal, R., & Ebinger, M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil and Tillage Research*, 87(2), 194–204. <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.03.011>
- Singh, A.K., Bordoloi, L.J., Kumar, M., Hazarika, S., & Parmar, B. (2014). Land use impact on soil quality in eastern Himalayan region of India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(4), 2013–2024. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3514-7>

- Subbiah, B., & Asija, C.L. (1956). A rapid procedure for the estimation of available nitrogen in soils. *Curr Sci.*, 25(8), 256–260.
- Suliaman, M., Saeed, I., Hassaballa, A., & Rodrigo-Comino, J. (2018). Modeling cation exchange capacity in multi geochronological-derived alluvium soils: An approach based on soil depth intervals. *Catena*, 167, 327–339. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.05.001>
- Sumner, M.E., & Miller, W.P. (1996). Cation exchange capacity and exchange coefficients. In D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke (Eds.), *Methods of Soil Analysis Part 3, Chemical Methods* (pp. 1201–1229). Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c40>
- Tawnenga, Shankar, U., & Tripathi, R.S. (1997). Evaluating second year cropping on jhum fallows in Mizoram, north-eastern India: soil fertility. *Journal of Biosciences*, 22(5), 615–625. <https://doi.org/10.1007/BF02703398>
- USDA Natural Resources Conservation Service. (2004). In R. Burc (Ed.), *Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 4. 0.* (pp. 1031). Lincoln, NE: National Soil Survey Center.
- Vasu, D., Singh, S. K., Ray, S.K., Duraisami, V.P., Tiwary, P., Chandran, P., ..., & Anantwar S.G. (2016). Soil quality index (SQI) as a tool to evaluate crop productivity in semi-arid Deccan plateau, India. *Geoderma*, 282, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.07.010>
- Vinhal-Freitas, I.C., Correa, G.F., Wendling, B., Bobul'skác, L., & Ferreira, A.S. (2017). Soil textural class plays a major role in evaluating the effects of land use on soil quality indicators. *Ecological indicators*, 74, 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.020>
- Visser, S., Keesstra, S., Maas, G., de Cleen, M., & Molenaar, C. (2019). Soil as a Basis to Create Enabling Conditions for Transitions Towards Sustainable Land Management as a Key to Achieve the SDGs by 2030. *Sustainability*, 11, 6792. <https://doi.org/10.3390/su11236792>
- Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29–38. <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Yadav, P.K. (2013). Slash-and-burn agriculture in north-East India. *Expert Opinion Environmental Biology*, 2, 1–4. <https://doi.org/10.4172/2325-9655.1000102>

Cita bibliográfica: Ferrelli, F., Bustos, M.L., Perillo, G.M.E., & Piccolo, M.C. (2021). Evaluación de variables meteorológicas modeladas para determinar el clima de ciudades costeras argentinas. *Investigaciones Geográficas*, (76), 263-284. <https://doi.org/10.14198/INGEO.17555>

Evaluación de variables meteorológicas modeladas para determinar el clima de ciudades costeras argentinas

Assessment of modelled meteorological variables to determine the climate of coastal cities in Argentina

Federico Ferrelli^{1*} 
María Luján Bustos² 
Gerardo M. E Perillo³ 
María Cintia Piccolo⁴ 

Resumen

El conocimiento del clima de las ciudades costeras es importante para el ordenamiento del espacio urbano. Para su estudio, se necesitan series superiores a 30 años que suelen ser escasas o inconsistentes. En este contexto, los modelos numéricos favorecen la generación de datos meteorológicos. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar la precisión y ajuste entre datos de temperatura del aire, humedad relativa y precipitación obtenidos con el Reanalysis NCEP/NCAR y observaciones *in situ* para ocho ciudades costeras marinas y fluviales de Argentina localizadas en distintas regiones climáticas. Para ello, se compararon series meteorológicas del período 1960-2019 y las provenientes del Reanalysis. Ambas se evaluaron considerando distintas escalas espacio-temporales, utilizando diferentes métodos estadísticos. Los mismos favorecieron el conocimiento del ajuste entre las series en periodos normales, pero también se analizaron los valores extremos de las series a partir de una regresión por cuantiles. La temperatura del aire se ajustó mejor en las escalas climática (60 años), mensual y modelada. La humedad relativa tuvo más correlación en la escala estacional, en invierno y otoño, excepto para las ciudades de clima cálido y húmedo. Finalmente, en las precipitaciones el ajuste fue mejor en todas las escalas temporales para los climas templados y áridos. Los resultados generados representan una base de datos esencial para la toma de decisiones orientada a mejorar la calidad de vida de la población y el ambiente costero.

Palabras clave: Reanalysis NCEP/NCAR; datos *in situ*; ciudades costeras; Argentina.

1 Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca-Argentina. Teléfono: (54) (291) (4861112). B8000BFW, Bahía Blanca, Argentina. Florida 8000 (Camino La Carrindanga km 7,5) Complejo CCT CONICET Bahía Blanca, Edificio E1.

Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS). Teléfono: (54) (291) (4595144). Bahía Blanca, Argentina. 12 de Octubre 1198. fferrelli@criba.edu.ar. * Autor para correspondencia

2 Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca-Argentina. Teléfono: (54) (291) (4861112). B8000BFW, Bahía Blanca, Argentina. Florida 8000 (Camino La Carrindanga km 7,5) Complejo CCT CONICET Bahía Blanca, Edificio E1.

Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS). Teléfono: (54) (291) (4595144). Bahía Blanca, Argentina. 12 de Octubre 1198. lujan.bustos@uns.edu.ar

3 Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca-Argentina. Teléfono: (54) (291) (4861112). B8000BFW, Bahía Blanca, Argentina. Florida 8000 (Camino La Carrindanga km 7,5) Complejo CCT CONICET Bahía Blanca, Edificio E1.

Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS), 8000, Bahía Blanca, Argentina. Alem 1253, Cuerpo 2. gmeperillo@criba.edu.ar

4 Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca-Argentina. Teléfono: (54) (291) (4861112). B8000BFW, Bahía Blanca, Argentina. Florida 8000 (Camino La Carrindanga km 7,5) Complejo CCT CONICET Bahía Blanca, Edificio E1.

Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS). Teléfono: (54) (291) (4595144). Bahía Blanca, Argentina. 12 de Octubre 1198. ofpiccol@criba.edu.ar

Abstract

An understanding of the climate of coastal cities is crucial for orientating urban land management. For this reason, it is essential to have access to long series of meteorological information with periods greater than 30 years. A lack of information or inconsistency can make climate study difficult. Numerical models are a suitable tool for the generation of climate data. For these reasons, this study aims to assess the precision and accuracy of temperature, relative humidity, and precipitation obtained *in situ* and derived from the Reanalysis NCEP/NCAR in eight coastal cities in different climates of Argentina. To do so, we studied the climatic series for the 1960-2019 period and those generated with the Reanalysis. Both series were statistically compared, considering diverse time scales and applying statistical methods. Time series were analysed using the quantile regression method to assess the study of the extremes in all the variables. The temperature presented a good agreement in climatic (60 years), monthly, and model scales. Relative humidity had higher results on the seasonal scale (mainly in winter and autumn), except for the cities located in warm and humid climates. Finally, rainfall registered good agreement in all temporal scales studied for cities located in temperate and arid climates. Results represent an essential database to orientate management plans and improve the quality of life and the coastal environment.

Keywords: Reanalysis NCEP/NCAR; *in situ* data; coastal cities; Argentina.

1. Introducción

En América Latina y el Caribe, la distribución espacial de la población destaca por el elevado nivel de urbanización. En los últimos 68 años la población urbana se incrementó del 45 al 80% (CEPAL, 2018). Este rápido crecimiento urbano, sumado al cambio climático, afectaron varios aspectos de la vida humana, como la demanda de energía, la salud y la economía, en especial cuando no se tiene una buena planificación urbana (Romero, 2019; Takane, Kikegawa, Hara y Grimmond, 2019). Las ciudades costeras son especialmente sensibles al cambio climático por los riesgos directos en el aumento del nivel medio del mar, la ocurrencia de eventos extremos, etc. Por ello, el análisis del clima de las ciudades costeras es un elemento esencial al momento de realizar planificaciones urbanas. El conocimiento de la variabilidad climática depende directamente de la calidad de la información meteorológica de la que se dispone a escala local y regional (Ferrelli, Bustos, Piccolo, Huamantínco Cisneros y Perillo, 2016). En ciertos espacios, la escasez o inconsistencia de la información meteorológica genera dificultades para desarrollar investigaciones climáticas. Por tal motivo, en la actualidad, se desarrollaron estudios orientados a validar herramientas indirectas como modelos numéricos, datos de aeronaves, imágenes satelitales, etc. (Kalnay *et al.*, 1996; Kistler *et al.*, 2001; Bustos, Ferrelli y Piccolo, 2017; Devers, Vidal, Lauvernet, Graff y Vannier, 2020).

A escala regional, la distribución equidistante de estaciones meteorológicas que proporcionen información por períodos de tiempo superiores a 30 años es esencial para el estudio de la variabilidad climática (Bustos *et al.*, 2017). Un modelo numérico que facilita la obtención de información mensual de distintas variables meteorológicas es el Reanalysis NCEP-NCAR. Este se encuentra validado a escala global y favorece la obtención de información de forma mensual desde el año 1948 hasta el presente (Kalnay *et al.*, 1996; Kistler *et al.*, 2001). Sin embargo, al ampliar la escala de análisis espacial, los datos del Reanalysis no se ajustan a las observaciones meteorológicas (Sachindra, Ahmed, Mamunur Rashid, Sehgal, Shahid y Perera, 2019; Nacar, Kankal y Okkan, 2019). Los datos del NCEP/NCAR necesitan ser corregidos al utilizarlos en escalas locales o regionales especialmente donde se presentan rasgos diferenciales como, por ejemplo, la topografía, tipo de ambiente, cercanía al mar, etc. (Seth, Rauscher, Camargo, Qian y Pal, 2007; Zhao, Guo y Fu, 2008; Viggiano, Busetto, Cimini, Di Paola, Geraldi, Ranghetti, Ricciardelli y Romano, 2019).

En Argentina, se ha utilizado este modelo numérico para completar series climáticas, analizar la variabilidad de las precipitaciones y estudiar eventos térmicos (Rusticucci y Kousky, 2002; Collazo, Barrucand y Rusticucci, 2019; Romero, González, Rolla y Losano, 2020). Sin embargo, no existe un estudio comparativo de lo que ocurre en ciudades costeras marinas y fluviales localizadas en distintas latitudes del país. En este contexto, tampoco se evidencia la existencia de una investigación que considere el ajuste del Reanalysis NCEP/NCAR a distintos tipos de clima de Argentina. La particularidad de estos espacios urbanos es que ofrecen una compleja gama de interacciones dinámicas y están, en general, sometidas a procesos de erosión, inundaciones y anegamientos (Piccolo, Merlotto, Bustos, Huamantínco Cisneros y García, 2017). En ellos, se generan procesos físicos, geológicos y biológicos que están en constante transformación y su estudio depende en gran medida del comportamiento variable del clima (Bustos *et al.*,

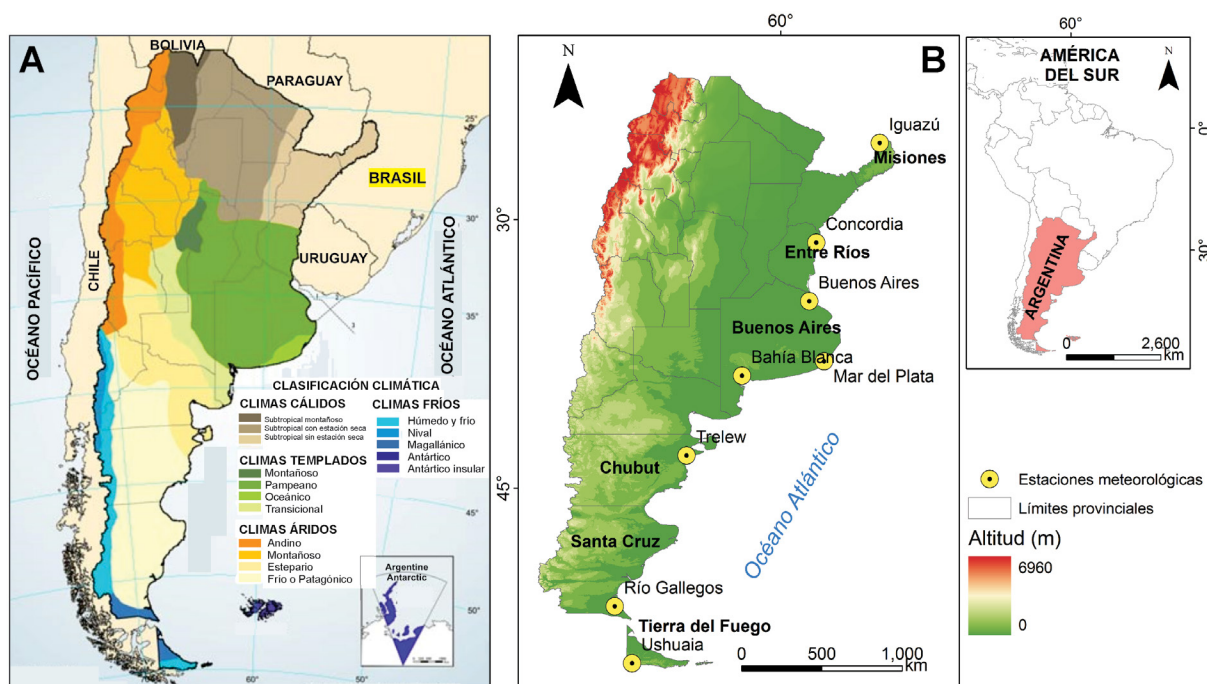
2017). Con la finalidad de obtener información válida para realizar estudios climáticos en áreas con escasez de datos, o con información faltante el objetivo de este estudio fue evaluar la precisión de los datos de temperatura del aire, humedad relativa y precipitación adquiridos del Reanalysis NCEP-NCAR para la caracterización climática a distintas escalas espacio-temporales de ciudades en zonas costeras marinas y fluviales de Argentina localizadas en distintas franjas climáticas. Cabe destacar que esos parámetros fueron seleccionados por ser los más utilizados en estimaciones climáticas.

2. Metodología

2.1. Área de estudio

El área de estudio está conformada por ciudades localizadas en costas marinas y fluviales pertenecientes a distintas regiones climáticas del país (Figura 1). Siguiendo los criterios de clasificación climática establecidos por Köppen, se estudiaron: i) Iguazú: (Misiones) representa las situaciones de una ciudad costera fluvial de clima subtropical sin estación seca, ii) Concordia (Entre Ríos) corresponde a una ciudad costera fluvial de clima templado pampeano, iii) Ciudad Autónoma de Buenos Aires: es la ciudad costera marino-fluvial más extensa de Argentina, localizada en clima templado húmedo, iv) Mar del Plata (Buenos Aires), al igual que en el caso anterior es una ciudad de clima templado húmedo, pero se localiza sobre las costas del Océano Atlántico por lo que la influencia oceánica es significativa, v) Bahía Blanca (Buenos Aires) es una ciudad costero-marina de clima templado de transición entre los climas húmedos y semiáridos, vi) Trelew (Chubut) es una ciudad costero-fluvial de clima templado según su temperatura y árido según se régimen pluviométrico, vii) Río Gallegos (Santa Cruz) localizada en la costa marina de clima frío; viii) Ushuaia (Tierra del Fuego) en los climas fríos húmedos de la cordillera y sobre la costa marina.

Figura 1. A. Clasificación climática de Köppen y B. Localización del área de estudio y estaciones meteorológicas



Elaboración propia

2.2. Análisis estadísticos de las series de tiempo

Se analizaron datos pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN, Argentina) y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Argentina). Se seleccionaron estaciones meteorológicas localizadas en ciudades costeras de Argentina (Figura 1). Los detalles de valores medios, localización absoluta, información perdida y valores atípicos se presentan en la Tabla 1. El período de estudio comprendió 1960-2019, exceptuando la estación de Ushuaia que tuvo información para el período 1991-2019.

Se analizaron valores mensuales de temperatura del aire, humedad relativa y precipitación. Se trabajó con un total de 2.160 datos por estación, exceptuando Ushuaia, que tuvo 1.044 datos. En total, se analizaron 16.164 datos meteorológicos. Luego de que esta información fuese testeada, se sometió a pruebas de calidad y homogeneidad. En una primera instancia, los datos fueron ordenados en tablas para identificar posibles datos faltantes, inconsistencias y datos erróneos (Zhou, Aizen y Aizen, 2018). Para ello, se utilizaron los paquetes RclimDex (Zhang y Yang, 2013) y RHTest V4 (Wang, Wen y Wu, 2010) para el Software R. Esta información fue completada siguiendo los criterios descriptos en Ferrelli, Brendel, Aliaga, Piccolo y Perillo (2019). Se verificó que las ciudades estudiadas no excedieran el 5% de información faltante e inconsistencias (Tabla 1).

Tabla 1. Estaciones meteorológicas utilizadas en este estudio

Estaciones meteorológicas	Latitud	Longitud	Periodo de estudio	Provincia	VA	I
Iguazú	-25,73	-54,46	1960-2019	Misiones	0,94	0,66
Concordia	-31,30	-58,01	1960-2019	Entre Ríos	0,36	0,12
Buenos Aires	-34,56	-58,41	1960-2019	Buenos Aires	0,95	0,11
Mar del Plata	-37,93	-57,58	1960-2019	Buenos Aires	0,66	0,07
Bahía Blanca	-38,73	-62,17	1960-2019	Buenos Aires	0,25	0,06
Trelew	-43,20	-65,26	1960-2019	Chubut	0,87	0,25
Río Gallegos	-51,61	-69,28	1960-2019	Santa Cruz	0,88	0,12
Ushuaia	-54,80	-68,31	1991-2019	Tierra del Fuego	0,65	0,12

VA. Valores atípicos e I. Inconsistencias. Ambos en valores porcentuales (%)

Elaboración propia

Se descargaron datos de temperatura del aire, humedad relativa y precipitación del Reanalysis (NCEP/NCAR) —de aquí en más Reanalysis— obtenidos a 1.000 mb, dado que está demostrado que los mismos son los más adecuados para realizar estudios climáticos (Ferrelli *et al.*, 2016). Esta información fue brindada por el Centro de Predicción del Medio Ambiente Nacional (NCEP, Estados Unidos), el Centro Nacional de Investigación Atmosférica y la National Oceanic and Atmospheric Administration/Clima Diagnostic Center (NOAA/CDC, Estados Unidos). La ventaja que tiene este modelo es que genera información climática de libre acceso a una escala de 0,5° de latitud por 0,5° de longitud en su sitio web <https://psl.noaa.gov>. En este estudio, se recopilaron datos para cada una de las cuadrículas en las que se localizaron las ciudades costeras.

Las diferencias entre ambas fuentes de datos es que una representa información de sitio (estación meteorológica) y la otra un área (Reanalysis). Los análisis de esta información, se realizaron en distintas escalas espacio-temporales. Con la finalidad de observar y calcular las diferencias entre ambas fuentes de datos, se analizó la escala climática que hace referencia a todo el período (60 años, exceptuando Ushuaia que fue de 29 años) y las series de datos a escala anual, interanual, estacional y mensual. Se consideró el comportamiento espacio-temporal de tres series de datos: i. observadas: datos registrados por las estaciones meteorológicas, ii. Reanalysis: datos del modelo numérico sin modificar y iii. Modelados: el resultado de modelización estadística producto de la comparación de las dos series anteriores.

Para estudiar la validez de los datos obtenidos con el Reanalysis y las mediciones *in situ*, se aplicaron distintas pruebas estadísticas. En una primera instancia, se calcularon los valores medios de todo el período y los estacionales de ambas fuentes de información y sus diferencias. Posteriormente, se utilizó la prueba de Fisher para analizar si estos valores medios fueron estadísticamente iguales, considerando un $\alpha < 5\%$. Luego, se calculó el índice de determinación (R^2), los índices de correlación de Pearson y Spearman y la Concordancia. Adicionalmente, se aplicaron análisis de regresión lineal, polinómica, exponencial y logarítmica para estudiar ambas fuentes de datos. Como resultado, se obtuvieron fórmulas que permitieron modelar las variables meteorológicas obtenidas del Reanalysis para que representen con mayor exactitud y precisión el comportamiento interanual de los datos observados *in situ*. Finalmente, se aplicó el error cuadrático medio (RMSE) para medir la exactitud entre las series de datos.

2.3. Análisis de las series de tiempo por cuantiles

Finalmente, se estudiaron las series de tiempo con la aplicación de una regresión cuantílica. Este procedimiento permitió evaluar el ajuste de las series de tiempo en los cuantiles más lejanos al valor medio y la mediana, es decir, en aquellos eventos térmicos fríos y húmedos y en los muy lluviosos y los secos. Si bien todos ellos componen situaciones normales dentro de los climas analizados, este análisis permitió identificar el ajuste del Reanalysis ante los distintos cuantiles.

Para ello, se realizaron regresiones cuantílicas dado que ha sido un método ampliamente utilizado para el estudio de las variables meteorológicas, principalmente para la precipitación (Cannon, Sobie y Murdock, 2015; Eum y Cannon, 2017).

En una primera instancia, se especificaron los cuantiles a estudiar considerando un valor de 0,1 para cada uno de ellos. De esta forma, el menor cuantil estudiado fue de 0,1 y el mayor de 0,9, estableciendo un total de 10 cuantiles para las series de tiempo. Finalmente, para evaluar la precisión y exactitud de este análisis, se aplicaron el coeficiente de determinación R^2 , la intersección y el Error Medio Absoluto (MAE). Este procedimiento se llevó a cabo en el Software SPSS.

3. Resultados

3.1. Análisis climático y estacional

Del análisis comparativo de las series *in situ* con las del Reanalysis, se obtuvieron los valores medios con sus diferencias para la temperatura del aire, la humedad relativa y las precipitaciones que se presentan en la Tabla 2. Se identificó en las ciudades costero fluviales de clima cálido (Iguazú y Concordia) un patrón térmico más elevado que fue sobreestimado por el Reanalysis (1,6 y 2,3°C, respectivamente). La precipitación presentó la misma característica en ambas ciudades, superando los 400 mm en Concordia. Sin embargo, la humedad relativa tuvo valores similares con diferencias inferiores al 8% que están dentro del error de medición (Tabla 2).

En las ciudades que se localizan sobre la franja de climas templados (Buenos Aires, Mar del Plata y Bahía Blanca), las diferencias térmicas de ambas fuentes fueron menores a las analizadas anteriormente (0,2, -0,9 y -1,4°C, respectivamente). La humedad relativa tuvo una diferencia menor al 6 % en Mar del Plata, 8% en Bahía Blanca y solo de 0,8% en Buenos Aires. En estas ciudades, la precipitación estuvo subestimada por el Reanalysis, alcanzando totales de precipitación de 293 y 240 mm menos que la observada. Asimismo, en Bahía Blanca, la precipitación solo presentó una diferencia de 14 mm (Tabla 2).

Las ciudades localizadas en latitudes altas tuvieron comportamientos diferentes. Por un lado Trelew y Ushuaia presentaron diferencias inferiores a 0,3°C en la temperatura del aire y de 5% en la humedad relativa. En el caso de Trelew, la precipitación también tuvo un valor similar en ambas series de datos (5 mm de diferencia), mientras que en Ushuaia la discrepancia fue mayor (55,1 mm). Río Gallegos tuvo mayores diferencias entre ambas fuentes de información en todos los parámetros meteorológicos analizados (Tabla 2).

Tabla 2. Valores medios para el período 1960-2019 y sus diferencias según los datos observados *in situ* y del Reanalysis

E.M.	To	TR	To-TR	HRo	HRR	HRo-HRR	PPo	PPR	PPo-PPR
Iguazú	21,1	22,7	-1,6	80,6	86,1	-5,5	1.855	2.017,1	-162,3
Concordia	18,8	21,1	-2,3	72,3	79,7	-7,4	1.353	1.799,7	-446,3
Buenos Aires	16,5	16,3	0,2	73,9	74,7	-0,8	997,1	703,5	293,6
Mar del Plata	13,9	14,8	-0,9	79,3	73,5	5,8	924,1	684,1	240
Bahía Blanca	15,3	16,7	-1,4	64,1	56,4	7,7	644,4	630,1	14,3
Trelew	13,6	13,8	-0,2	52,4	56,2	-3,8	199,9	194,9	5
Río Gallegos	7,8	6,6	1,2	65,1	86,9	-21,8	251,5	590,1	-338,6
Ushuaia*	5,9	6	-0,1	74,9	79,5	-4,6	513,7	458,6	55,1

To. Temperatura observada, TR. Temperatura del Reanalysis, HRo. Humedad relativa observada, HRR, humedad relativa del Reanalysis, PPo, precipitación observada y PPR, precipitación del Reanalysis. * La estación de Ushuaia corresponde al período 1990-2019

Elaboración propia

Por otro lado, se estudiaron los comportamientos de la temperatura del aire, la humedad relativa y las precipitaciones a escala estacional. Se observó que en el verano, se registraron las menores diferencias entre las temperaturas *in situ* (To) y las adquiridas del Reanalysis (TR). Estas fueron inferiores a 1°C en todas las ciudades costeras, excepto en Concordia (2°C) y Río Gallegos (3,2°C). En el otoño y el invierno, las ciudades localizadas al sur presentaron diferencias inferiores a los 0,8°C. En contraposición, las ciudades localizadas más al norte tuvieron valores superiores a 1 °C, exceptuando Buenos Aires (0,1 y 0,5°C para cada estación, respectivamente). Finalmente, la primavera fue la estación del año que mayores diferencias térmicas presentó al analizar ambas fuentes de datos (Tabla 3).

La humedad relativa presentó dos patrones. Por un lado, las ciudades localizadas en los climas templados (Buenos Aires, Mar del Plata y Bahía Blanca) presentaron diferencias inferiores al 10% en todas las estaciones, excepto en la primavera. Este comportamiento también se apreció en Trelew y Ushuaia. Por otro lado, las ciudades de clima subtropical y frío tuvieron diferencias amplias, llegando a superar el 20%. De igual manera, en todas las ciudades las diferencias mínimas se registraron en el invierno, excepto Bahía Blanca y Trelew (Tabla 3).

Tabla 3. Valores medios estacionales para el período 1960-2019 y sus diferencias según los datos observados *in situ* y los del Reanalysis

	Verano			Otoño			Invierno			Primavera		
	To	TR	To-TR	To	TR	To-TR	To	TR	To-TR	To	TR	To-TR
Iguazú	25,3	25,6	-0,3	20,7	22,2	-1,5	16,3	19	-2,7	21,3	23,9	-2,6
Concordia	24,8	26,8	-2	19	20,8	-1,8	13	15,2	-2,2	18,7	20,1	-1,4
Buenos Aires	22,7	21,9	0,8	16,7	16,8	-0,1	10,3	10,8	-0,5	16,2	15,6	0,6
Mar del Plata	19,5	19,9	-0,4	14,7	15,7	-1	8,4	9,9	-1,5	13,1	13,6	-0,5
Bahía Blanca	22,5	23,5	-1	15,1	16,4	-1,3	8,4	9,9	-1,5	15,1	16,4	-1,3
Trelew	20,4	19,8	0,6	13,6	13,8	-0,2	6,7	7,5	-0,8	13,8	13,2	0,6
Río Gallegos	13	9,8	3,2	7,5	7,1	0,4	1,9	2,7	-0,8	8,3	5,9	2,4
Ushuaia*	9,2	8,4	0,8	6,1	6,2	-0,1	2,2	2,7	-0,5	5,9	5,2	0,7
	Verano			Otoño			Invierno			Primavera		
	HRO	HRR	HRO-HRR	HRO	HRR	HRO-HRR	HRO	HRR	HRO-HRR	HRO	HRR	HRO-HRR
Iguazú	78,2	90,1	-11,9	83,4	90,3	-6,9	83,7	83	0,7	76,7	80,8	-4,1
Concordia	65,4	80,7	-15,3	76,2	81,4	-5,2	79,1	78,8	0,3	69,6	78	-8,4
Buenos Aires	67,5	64,4	3,1	77,6	74,7	2,9	78,7	77,8	0,9	71,9	68,1	3,8
Mar del Plata	75,5	70,1	5,4	80,8	75,3	5,5	82,2	76,4	5,8	78,5	70,1	8,4
Bahía Blanca	53,8	45,9	7,9	68,8	69,9	-1,1	71,2	62,3	8,9	61,2	50,9	10,3
Trelew	42,4	45,5	-3,1	55,9	60,3	-4,4	63,6	69,4	-5,8	48	52,8	-4,8
Río Gallegos	54,4	83	-28,6	68,5	88,9	-20,4	78,1	92,1	-14	59,9	85,2	-25,3
Ushuaia*	71,9	77,6	-5,7	77,3	83,1	-5,8	79,2	87,1	-7,9	71,1	79,1	-8
	Verano			Otoño			Invierno			Primavera		
	PPo	PPR	PPo-PPR	PPo	PPR	PPo-PPR	PPo	PPR	PPo-PPR	PPo	PPR	PPo-PPR
Iguazú	495,1	720,1	-225	453,1	464,4	-11,3	365,4	260,4	105	541,3	521,9	19,4
Concordia	385,7	444,9	-59,2	395,7	445,5	-49,8	212,2	569,5	-357	359,7	439,2	-79,5
Buenos Aires	296,7	202,9	93,8	272,7	186,1	86,6	164,8	126,3	38,5	262,9	186,1	76,8
Mar del Plata	275,8	243,7	32,1	249,4	162,2	87,2	177,3	114,5	62,8	221,7	166,5	55,2
Bahía Blanca	200,9	229,9	-29	155,4	154,1	1,3	101,6	95,4	6,2	188,6	183,3	5,3
Trelew	46,7	54,9	-8,2	61,3	55,2	6,1	48,2	58,7	-10,5	43,6	53,3	-9,7
Río Gallegos	82,3	260,1	-178	66,8	136,6	-69,8	53,1	91,3	-38,2	49,2	138,6	-89,4
Ushuaia*	137,6	227,2	-89,6	143,2	142,9	0,3	125	108,3	16,7	107,9	132,1	-24,2

To. Temperatura observada, TR. Temperatura del Reanalysis, HRO. Humedad relativa observada, HRR, humedad relativa del Reanalysis, PPo, precipitación observada y PPR, precipitación del Reanalysis. * La estación de Ushuaia corresponde al período 1990-2019

Elaboración propia

La precipitación presentó amplias diferencias estacionales entre los datos observados (PPo) y los obtenidos del Reanalysis (PPR) en todas las ciudades. Sin embargo, se identificaron dos situaciones (Bahía

Blanca y Trelew) en la que los valores medios tuvieron diferencias inferiores a 10 mm por estación. Los resultados más adecuados se obtuvieron en el invierno y el otoño de Trelew, la primavera de Bahía Blanca y en el otoño de Ushuaia. A pesar de ello, las precipitaciones estivales fueron las que mayores diferencias presentaron (Tabla 3).

3.2. Análisis anual

Se evaluaron los ajustes de las series observadas con respecto a las del Reanálisis para obtener una nueva serie derivada de un análisis de regresión (datos modelados). Esta nueva serie fue testeada nuevamente con los datos *in situ*. Para ello, se consideraron los datos anuales para el período de estudio (Tabla 4).

Sin embargo, la temperatura del aire de Buenos Aires, Mar del Plata, Trelew y Ushuaia y la precipitación y temperatura de Iguazú presentaron buenos resultados cuando las series fueron corregidas mediante un análisis de regresión (Tabla 4). Se observó que al aplicar las modelizaciones estadísticas, las series modeladas se asemejaron a las observadas y existió evidencia de que ambas fueron estadísticamente similares, considerando un $\alpha < 0,05$ (Figura 2).

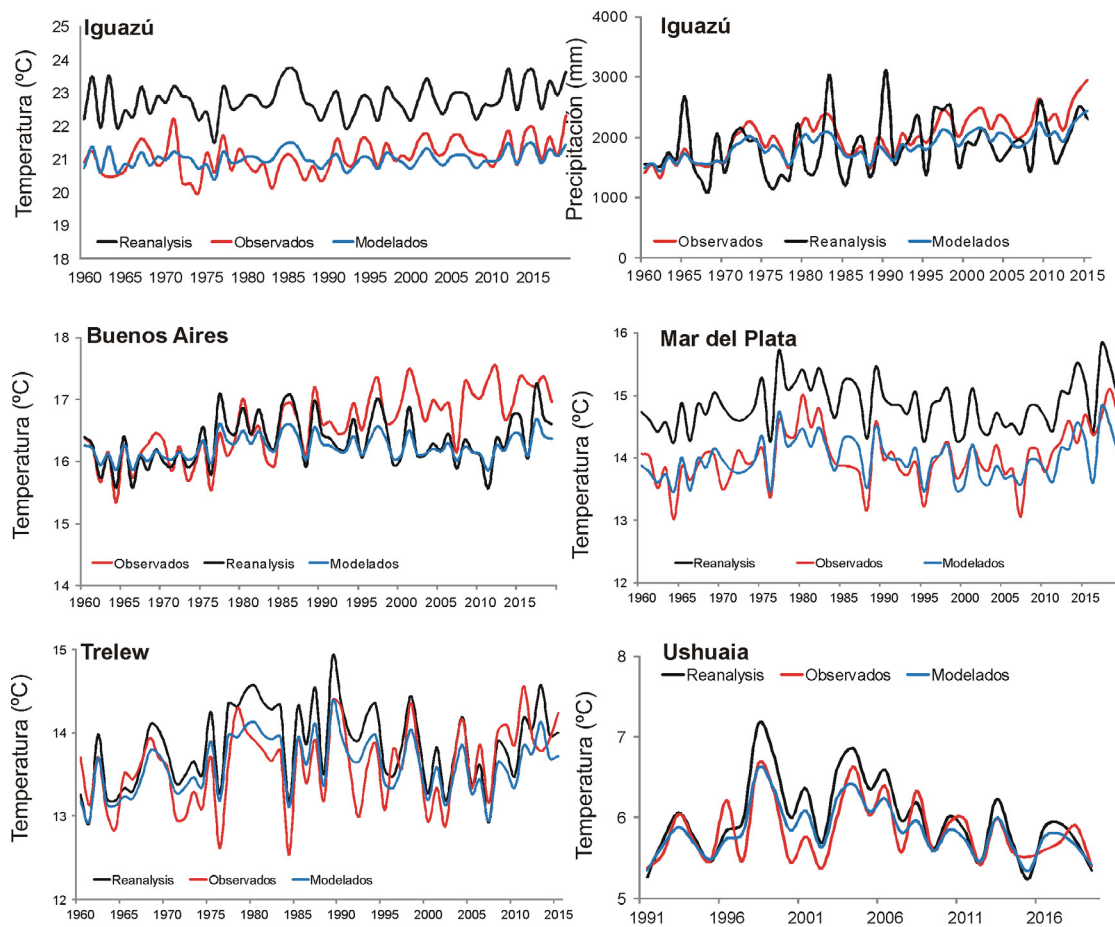
Tabla 4. Análisis estadísticos aplicados sobre las series observadas *in situ* respecto a las obtenidas con el Reanalysis (SO) y las modeladas resultantes del análisis de regresión (SM) para el período 1960-2019

		Fisher		R ²		Pearson		Spearman		Concordancia	
		SO	SM	SO	SM	SO	SM	SO	SM	SO	SM
Iguazú	T	0,29	0,01	0,27	0,51	0,34	0,56	0,47	0,61	0,06	0,36
	HR	0,89	0,25	0,03	0,33	0,15	0,29	0,22	0,36	0,02	0,18
	PP	0,28	0,01	0,28	0,52	0,35	0,58	0,31	0,59	0,11	0,38
Concordia	T	0,84	0,69	0,04	0,11	0,08	0,09	0,11	0,11	0,01	0,01
	HR	0,91	0,56	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,06	0,01	0,01
	PP	0,99	0,85	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Buenos Aires	T	0,22	0,02	0,41	0,69	0,55	0,71	0,58	0,72	0,41	0,66
	HR	0,51	0,12	0,21	0,35	0,28	0,39	0,33	0,45	0,15	0,26
	PP	0,74	0,11	0,26	0,35	0,35	0,41	0,39	0,45	0,25	0,36
Mar del Plata	T	0,12	0,01	0,61	0,89	0,62	0,88	0,68	0,91	0,59	0,75
	HR	0,86	0,52	0,03	0,27	0,11	0,36	0,16	0,41	0,09	0,24
	PP	0,91	0,41	0,08	0,39	0,16	0,41	0,21	0,46	0,04	0,31
Bahía Blanca	T	0,99	0,56	0,01	0,16	0,01	0,22	0,01	0,26	0,01	0,18
	HR	0,99	0,54	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	PP	0,89	0,69	0,02	0,18	0,01	0,19	0,01	0,21	0,01	0,12
Trelew	T	0,21	0,03	0,54	0,84	0,61	0,86	0,58	0,89	0,49	0,78
	HR	0,35	0,12	0,14	0,38	0,21	0,48	0,23	0,51	0,18	0,36
	PP	0,29	0,14	0,28	0,36	0,35	0,46	0,39	0,51	0,22	0,41
Río Gallegos	T	0,59	0,21	0,13	0,31	0,21	0,36	0,22	0,38	0,11	0,29
	HR	0,99	0,84	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	PP	0,99	0,51	0,18	0,38	0,21	0,41	0,26	0,46	0,01	0,22
Ushuaia*	T	0,06	0,01	0,71	0,91	0,75	0,94	0,72	0,96	0,66	0,88
	HR	0,72	0,34	0,16	0,33	0,21	0,36	0,26	0,42	0,17	0,33
	PP	0,99	0,59	0,02	0,25	0,03	0,28	0,03	0,29	0,01	0,15

*El período de estudio de la ciudad de Ushuaia fue de 1991-2019

Elaboración propia

Figura 2. Distribución interanual de la temperatura del aire y la precipitación considerando datos observados, del Reanalysis y modelados con análisis de regresión. Gráficos correspondientes a las ciudades con mejor correlación de datos del área de estudio



Elaboración propia

3.3. Análisis mensual

A partir de los estudios realizados, se procedió a analizar las variables meteorológicas, considerando los valores medios mensuales del período 1960-2019. Se observaron buenos resultados estadísticos ($p < 0,05$) al analizar el comportamiento entre ambas fuentes de información. En general, los resultados máximos se obtuvieron al estudiar la temperatura del aire. Esta variable arrojó excelentes resultados en todas las ciudades costeras, con valores de R^2 que oscilaron entre 0,94 y 0,99, con índices de correlación superiores a 0,95 y con concordancia superior a 0,91 (Tabla 5).

Por otro lado, la humedad relativa no presentó ajustes estadísticamente significativos (valor $p > 0,05$) en las ciudades de Iguazú y Concordia que son de clima tropical y subtropical. Esta variable no pudo ser corregida estadísticamente con análisis de regresión. Sin embargo, en el resto de las ciudades, se obtuvieron resultados con valores de R^2 superiores a 0,73, índices de Pearson y Spearman superiores a 0,74 y concordancia superior a 0,71 (Tabla 5). La precipitación también presentó buenos ajustes ($p < 0,05$), permitiendo generar una serie modelada a partir de los datos del Reanalysis que se adaptaron a los datos observados. El test de Fisher, identificó que los valores medios de las series transformadas presentaron el mismo valor medio que las adquiridas *in situ* ($p < 0,05$) (Tabla 5).

Finalmente, en lo que respecta al error cuadrático medio (RSME), se evidenció que la temperatura presentó valores inferiores a 0,5 en todas las ciudades estudiadas, siendo menor en Río Gallegos (0,21) y mayor en Concordia (0,49). La humedad relativa tuvo valores que oscilaron entre 1,71 (Trelew) y 3,24 (Mar del Plata) y la precipitación fue la variable con mayores resultados de RSME, registrando 61,9 en Trelew y 324,1 en Iguazú (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis estadísticos realizados con las series observadas y modeladas de las ciudades del área de estudio

		Iguazú	Concordia	Buenos Aires	Mar del Plata	Bahía Blanca	Trelew	Río Gallegos	Ushuaia
Fisher	T	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
	HR	0,25	0,85	0,02	0,05	0,04	0,01	0,01	0,04
	PP	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05
R2	T	0,94	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,94	0,97
	HR	0,11	0,01	0,87	0,73	0,78	0,99	0,98	0,81
	PP	0,65	0,81	0,94	0,91	0,91	0,69	0,73	0,75
Pearson	T	0,95	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,95	0,98
	HR	0,15	0,01	0,85	0,74	0,81	0,99	0,96	0,82
	PP	0,68	0,82	0,95	0,91	0,89	0,71	0,71	0,77
Spearman	T	0,96	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,95	0,97
	HR	0,16	0,01	0,86	0,77	0,81	0,99	0,95	0,83
	PP	0,71	0,82	0,96	0,92	0,93	0,73	0,71	0,77
Concordancia	T	0,91	0,97	0,99	0,98	0,99	0,99	0,91	0,94
	HR	0,11	0,01	0,82	0,71	0,75	0,99	0,92	0,78
	PP	0,69	0,77	0,92	0,89	0,89	0,72	0,72	0,71
RSME	T	0,43	0,49	0,35	0,28	0,33	0,31	0,21	0,29
	HR	2,41	3,21	2,17	3,24	2,12	1,71	2,14	2,32
	PP	324,1	298,6	191,2	181	154	61,9	98,5	86,5

T. Temperatura, HR. Humedad Relativa, PP. Precipitación. RSME. Error Cuadrático Medio

Elaboración propia

Posteriormente, se aplicó un análisis de regresión (lineal, polinómica, logarítmica y exponencial) para la generación de fórmulas para la modelización estadística. De esta manera, se ajustaron los datos del Reanalysis a los observados en el terreno. En la tabla 6, se presentan las fórmulas que permitieron estimar con precisión y ajuste estadístico cada uno de los parámetros climáticos. Como se mencionó anteriormente, en el caso de Iguazú y Concordia, no se identificó un ajuste adecuado para la humedad relativa, por lo que no fue posible su modelización. Esto se debió principalmente a que las series obtenidas con el Reanalysis sobreestimaron el parámetro durante todo el año. La temperatura del aire presentó ajustes lineales, mientras que la humedad relativa y la precipitación presentaron, además, ajustes polinómicos (Tabla 6). En la Tabla 6 se presentaron las fórmulas para ajustar las series *in situ* con las del Reanalysis que presentaron un valor $p < 0,05$.

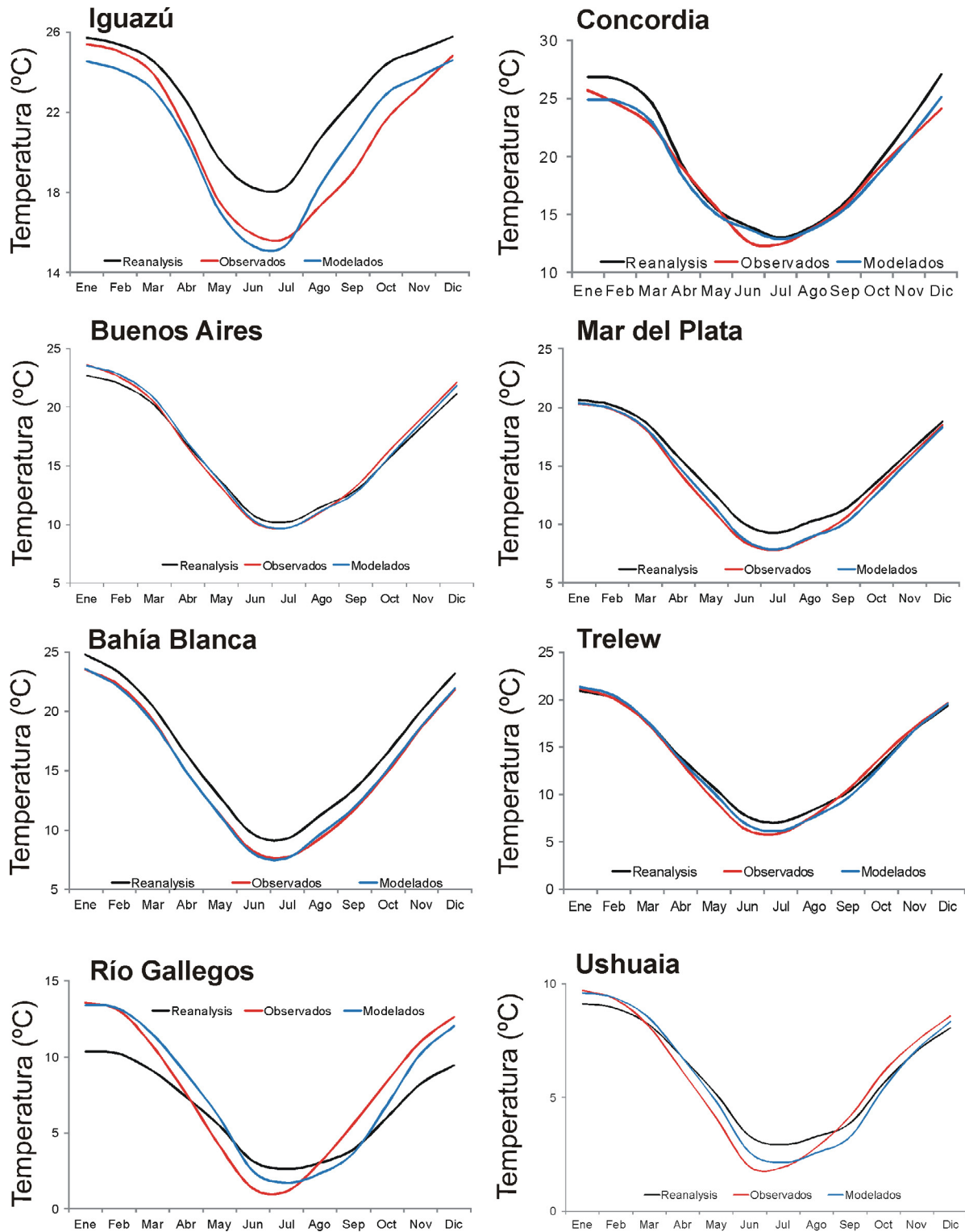
Tabla 6. Fórmulas para la modelización climática de la temperatura del aire, la humedad relativa y la precipitación en ciudades costeras de Argentina

	Temperatura	Humedad Relativa	Precipitación
Iguazú	$To = TR \times 1,2342 - 7,1947$	<i>Sin ajuste</i>	$PPo = 0,0029 \times PPR^2 + 1,2465 \times PPR + 41,815$
Concordia	$To = TR \times 0,8654 + 1,6565$	<i>Sin ajuste</i>	$PPo = 0,0019 \times PPR^2 - 1,0817 \times PPR + 246,82$
Buenos Aires	$To = TR \times 1,1139 - 1,6777$	$HRo = 0,0272 \times HRR^2 + 4,8248 \times HRR - 131,98$	$PPo = 1,2748 \times PPR + 8,3599$
Mar del Plata	$To = TR \times 1,102 - 2,3752$	$HRo = 0,7056 \times HRR + 27,426$	$PPo = -0,0123 \times PPR^2 + 2,1667 \times PPR - 1,204$
Bahía Blanca	$To = TR \times 1,0311 - 1,9568$	$HRo = 0,6819 \times HRR + 27,786$	$PPo = -0,0168 \times PPR^2 + 2,4869 \times PPR - 24,364$
Trelew	$To = TR \times 1,0977 - 1,6463$	$HRo = 0,9353 \times HRR - 0,0593$	$PPo = 0,0349 \times PPR^3 - 1,7302 \times PPR^2 + 29,06 \times PPR - 149,33$
Río Gallegos	$To = TR \times 1,5129 - 2,2577$	$HRo = 2,3858 \times HRR - 142,04$	$PPo = 0,1896 \times PPR + 11,361$
Ushuaia	$To = TR \times 1,2052 - 1,4006$	$HRo = 0,7394 \times HRR + 16,085$	$PPo = -0,0034 \times PPR^3 + 0,40233 \times PPR^2 - 16,39 \times PPR + 238,7$

To. Temperatura observada, TR. Temperatura del Reanalysis, HRo. Humedad Relativa observada, HRR. Humedad Relativa del Reanalysis, PPo. Precipitación observada y PPR. Precipitación del Reanalysis

Elaboración propia

Figura 3. Distribución de los datos medios mensuales de temperatura del aire del Reanalysis, los observados y los modelados para las ciudades costeras de Argentina



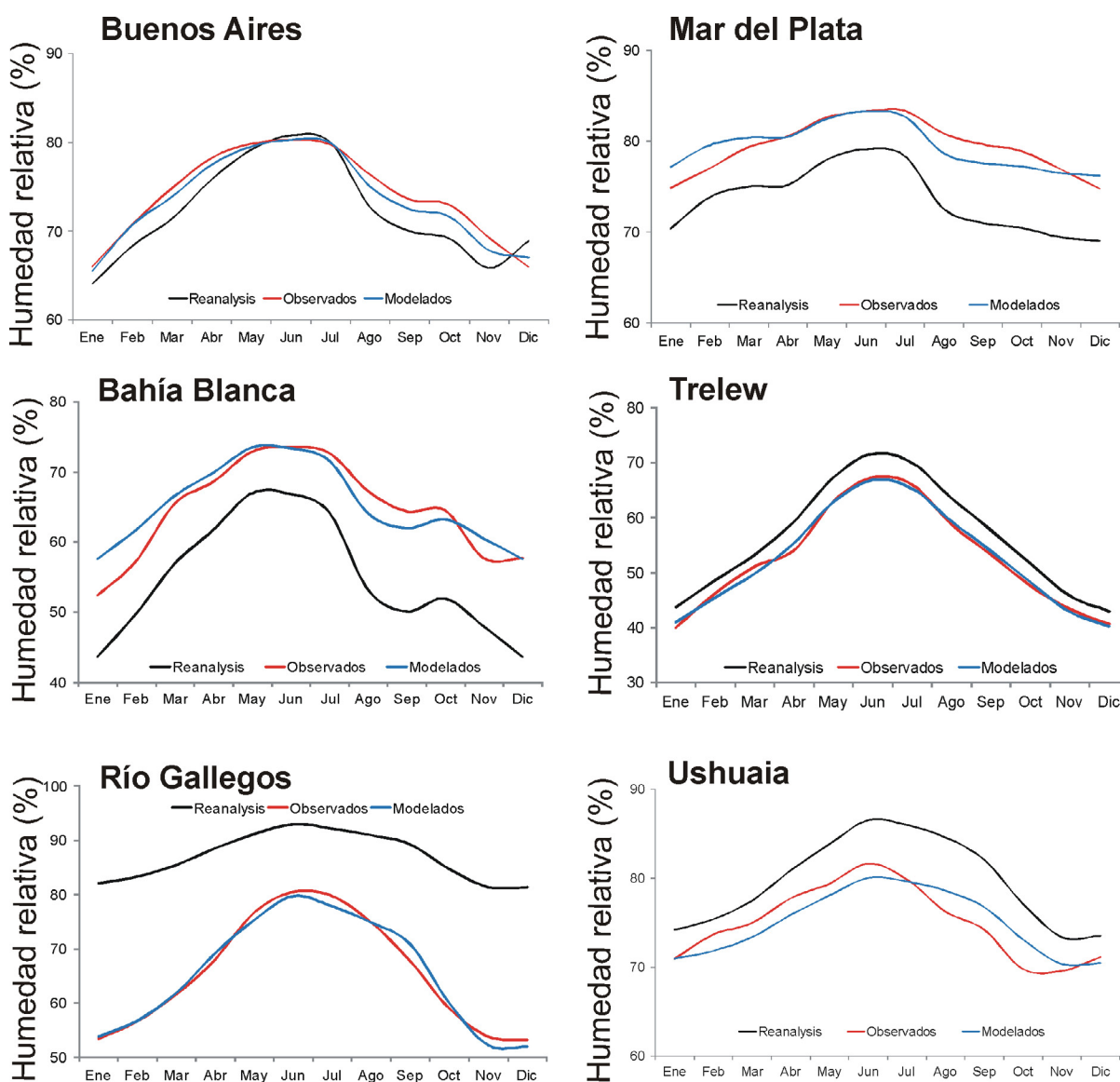
Elaboración propia

Como resultado de la evaluación estadística realizada, se obtuvo la distribución mensual de la temperatura del aire, la humedad relativa y la precipitación adquirida con datos observados, modelados y derivados

del Reanalysis (Figuras 3, 4 y 5). La temperatura del aire presentó un patrón similar al obtenido *in situ* una vez que se modelaron las series del Reanalysis. En general, este último sobreestimó el comportamiento térmico. Sin embargo, la aplicación de las fórmulas presentadas en la tabla 6 generaron que las series modeladas representen adecuadamente los valores observados, con la evidencia estadística de estar representando el mismo valor medio, considerando los resultados de un test de Fisher con $p < 0,05$ (Figura 3).

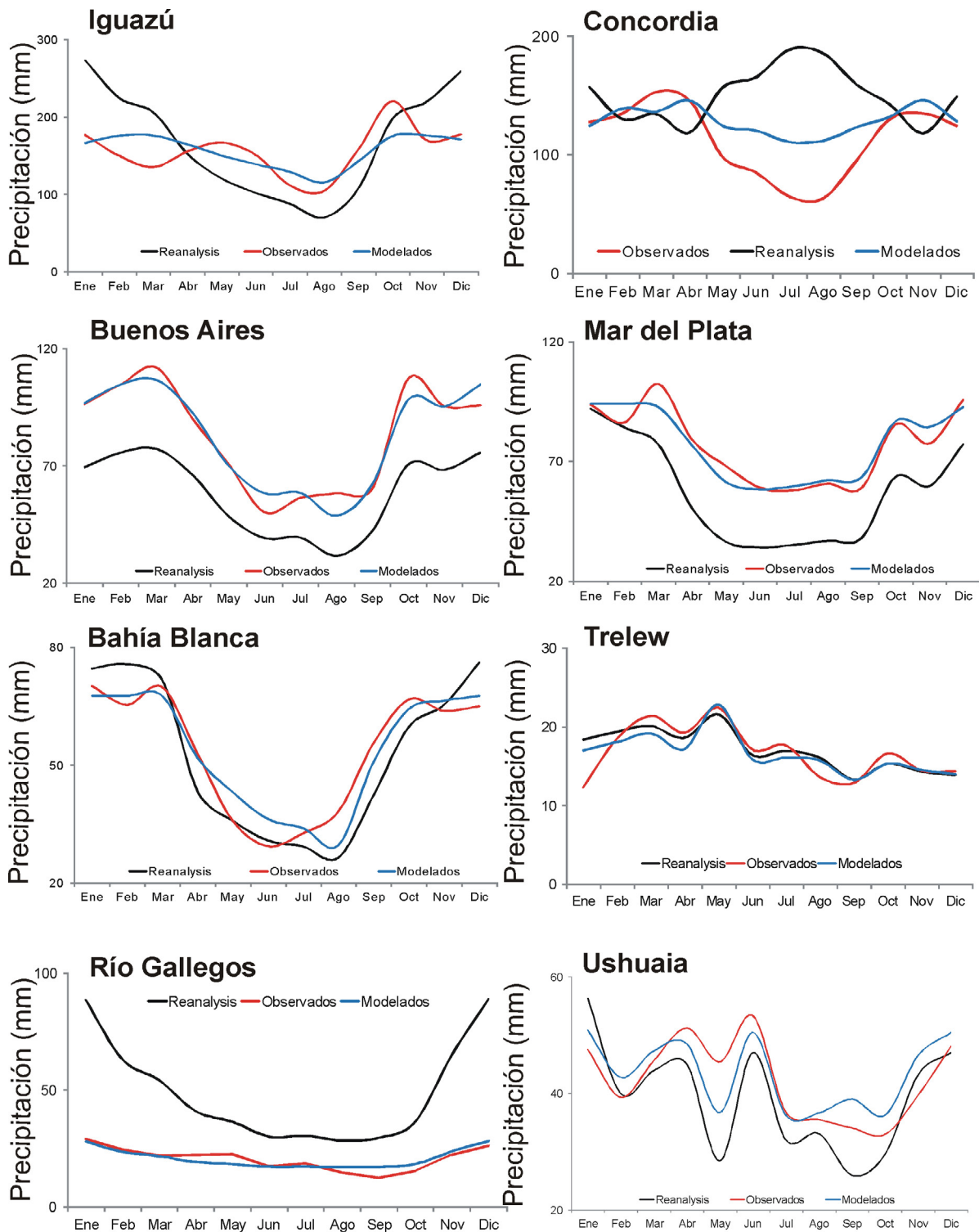
En cuanto a la humedad relativa se observó que las series modeladas se comportaron de manera similar a las observadas, en especial en los climas fríos (Figura 4). En tanto, los datos del Reanalysis tuvieron un comportamiento mensual similar a los observados, pero en la mayoría de los casos sobreestimaron los registros mensuales (Figura 4). Finalmente, el ajuste de la precipitación fue complejo. Si bien existe evidencia de que los datos modelados presentaron una similitud con los medidos en el terreno, no se logra identificar con claridad las estaciones secas, como en el caso de Concordia (Figura 5). A pesar de ello, la modelación estadística permite comprender la distribución mensual de las precipitaciones en las ciudades costeras de Argentina (Figura 5).

Figura 4. Distribución de los datos medios mensuales de humedad relativa del Reanalysis, los observados y los modelados para las ciudades costeras de Argentina



Elaboración propia

Figura 5. Distribución de los datos medios mensuales de precipitación del Reanalysis, los observados y los modelados para las ciudades costeras de Argentina



Elaboración propia

3.4. Análisis del ajuste estadístico por cuantiles

En este apartado, se detallaron los resultados obtenidos al analizar las series de tiempo observadas con aquellas obtenidas del Reanalysis a través de un análisis de regresión cuantílica. En lo que respecta a

la temperatura, se observó que en la ciudad de Iguazú (clima subtropical sin estación seca) los cuantiles (de aquí en más q) mayores (q8 y q9) no presentaron resultados estadísticamente significativos ($p > 0,05$). Una situación similar se identificó en Concordia, donde los máximos y los mínimos q no tuvieron significancia estadística considerando un valor $p < 0,05$.

Las ciudades localizadas en climas templados (Buenos Aires y Mar del Plata) tuvieron significancia en la mayor parte de los q ($p < 0,05$), exceptuando el q9 de Buenos Aires ($p > 0,05$). Trelew tuvo valores significativos en todos los q, al igual que Ushuaia ($p < 0,05$). Por su parte, Río Gallegos no tuvo resultados significativos al analizar q1 q2 y q3 ($p > 0,05$) (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados de la regresión cuantílica obtenidos para los valores de temperatura de las ciudades costeras estudiadas

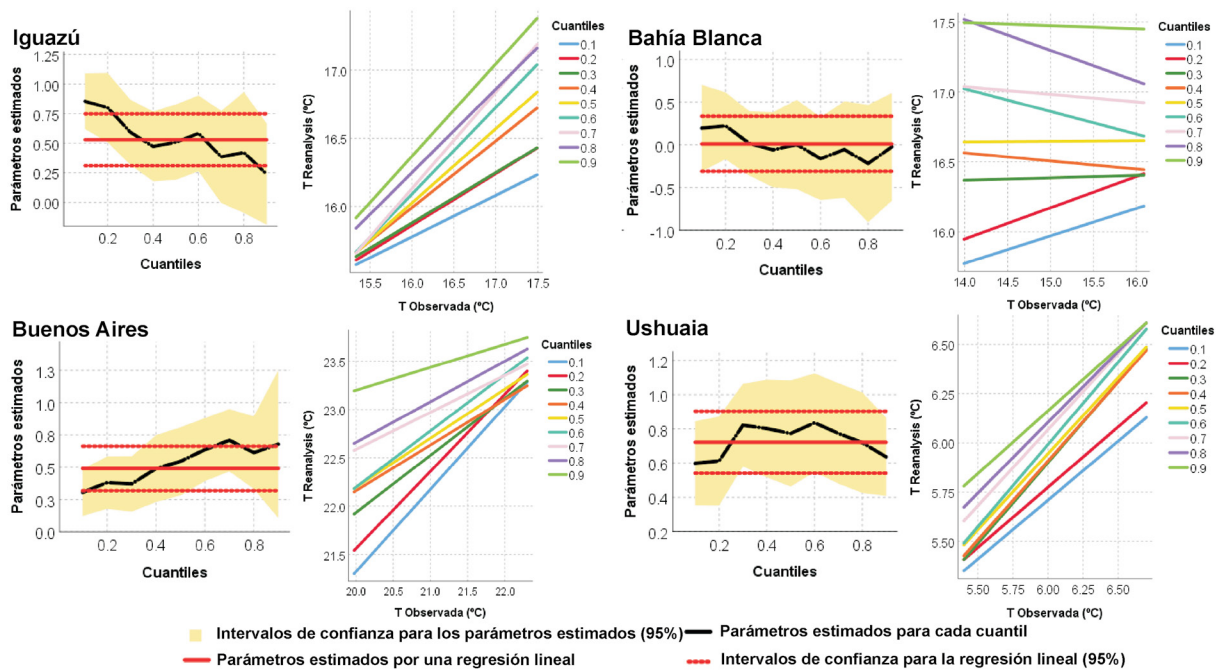
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Iguazú	MAE	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,7
	Int	4,2	5,6	10,1	12,7	12,0	10,5	14,9	14,2	18,4
	R ²	0,9	0,8	0,6	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,2
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Concordia	MAE	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7
	Int	25,7	22,7	20,9	18,2	22,3	22,9	23,8	22,1	27,1
	R ²	0,0	0,2	0,3	0,5	0,2	0,2	0,2	0,3	0,0
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Buenos Aires	MAE	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
	Int	10,9	9,8	10,0	8,1	7,3	5,9	4,8	6,4	5,5
	R ²	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Mar del Plata	MAE	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
	Int	2,9	4,5	5,0	5,7	5,4	5,4	4,8	5,8	6,0
	R ²	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Bahía Blanca	MAE	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8
	Int	13,0	12,8	16,1	17,4	16,6	19,3	17,8	20,6	17,8
	R ²	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2	0,5	0,2	0,0
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Trelew	MAE	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
	Int	2,4	5,3	5,7	3,9	4,2	4,7	2,8	1,8	1,1
	R ²	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Río Gallegos	MAE	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5
	Int	5,5	5,3	5,7	4,9	4,5	4,1	4,1	3,7	3,0
	R ²	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Ushuaia	MAE	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
	Int	2,1	2,1	1,0	1,1	1,3	1,0	1,4	1,8	2,3
	R ²	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9

Q. Cuantiles, MAE. Error Medio Absoluto, Int. Intersección, R². Coeficiente de determinación. Los cuantiles (q) señalados en negrita corresponden a los resultados estadísticamente significativos ($p < 0,05$)

Elaboración propia

Se observó que en las ciudades en las que se evidenció menor significancia, las pendientes de las líneas predictivas fueron muy variantes de acuerdo al número de q. Esta situación es claramente observable en Bahía Blanca. Sin embargo, en otras, como por ejemplo Ushuaia e Iguazú la pendiente fue positiva y similar en todos los q (Figura 6).

Figura 6. Parámetros estimados para los distintos cuantiles, aquellos obtenidos por una regresión lineal y las líneas predictivas (q=1 hasta q=9) resultante del análisis de los datos de temperatura (T) observada y obtenida del Reanalysis para las ciudades de Iguazú, Buenos Aires, Bahía Blanca y Ushuaia



Elaboración propia

Al analizar la humedad relativa por cuantiles, se estableció en general una baja significancia en los resultados obtenidos ($p > 0,05$). Estos se evidenciaron en Buenos Aires (de q4 a q9), Mar del Plata (de q1 a q4), Bahía Blanca (de q2 a q5), Trelew (q1 a q5) y Ushuaia (q9) (Tabla 8). Esto pone de manifiesto que los datos obtenidos del Reanalysis para el estudio de la humedad relativa en las ciudades costeras estudiadas no permiten generar un buen ajuste entre los datos, tal y como se evidenció en el apartado 3.2.

Tabla 8. Resultados de la regresión cuantilica obtenidos para los valores de humedad relativa de las ciudades costeras estudiadas

	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Iguazú	MAE	3,8	2,6	2,2	2,1	1,9	2,0	2,2	2,5	3,3
	Int	96,9	77,2	74,2	75,8	68,2	65,6	67,9	56,5	73,2
	R ²	-0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2
Concordia	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
	MAE	1,8	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5
	Int	72,9	81,3	84,2	88,2	84,8	85,8	89,5	93,7	91,5
R ²	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Buenos Aires	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
	MAE	3,3	2,3	2,0	1,9	1,8	1,9	2,1	2,4	3,1
	Int	-20,0	18,3	28,6	27,7	38,1	30,9	34,1	43,4	48,6
R ²	1,2	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	
Mar del Plata	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
	MAE	3,0	2,1	1,9	1,8	1,6	1,7	1,8	2,1	2,9
	Int	44,5	53,3	50,8	55,6	68,1	69,4	68,5	74,8	94,6
R ²	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,2	
Bahía Blanca	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
	MAE	6,1	4,1	3,7	3,4	3,3	3,4	3,7	4,9	6,2
	Int	53,6	32,5	37,1	40,6	45,1	58,4	57,5	76,9	67,5
R ²	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,3	0,1	

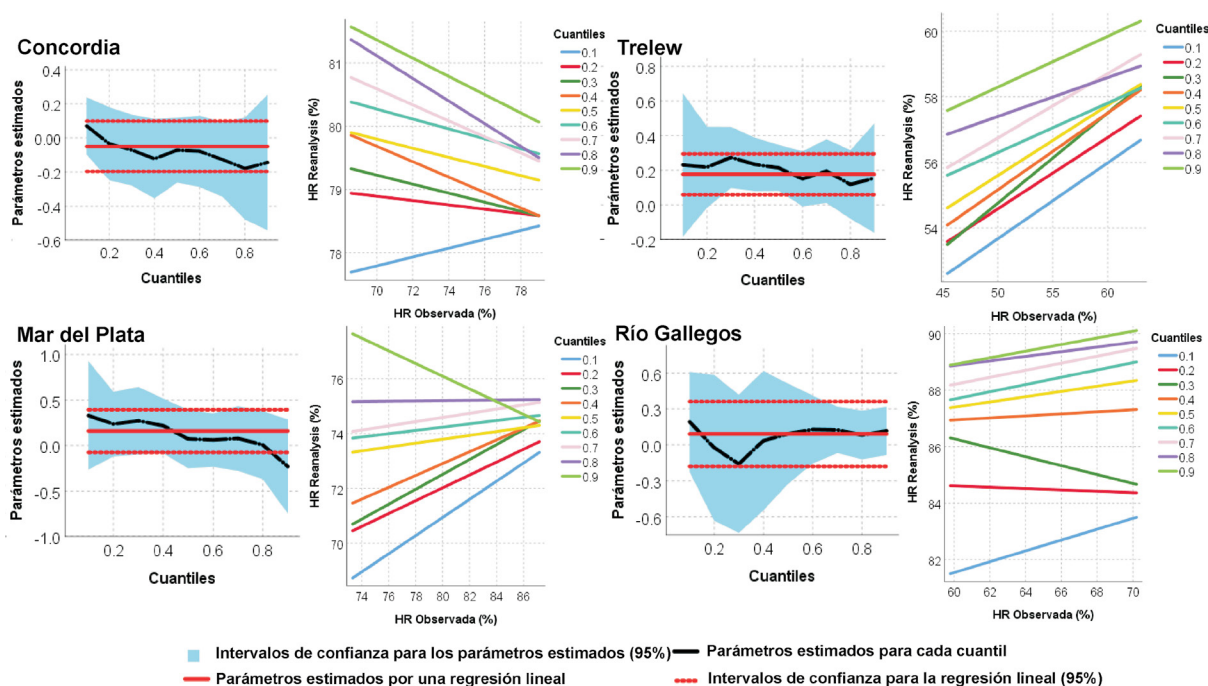
Trelew	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
	MAE	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,6	1,9	2,6
	Int	42,1	43,7	41,0	43,5	44,9	48,8	47,0	51,5	50,6
	R ²	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
Río Gallegos	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
	MAE	4,5	3,2	2,7	2,2	2,1	2,1	2,3	2,5	2,7
	Int	70,0	86,0	95,8	84,8	81,8	80,0	80,7	83,9	81,9
	R ²	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ushuaia	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
	MAE	4,0	2,7	2,3	2,3	2,2	2,4	2,5	3,2	3,6
	Int	73,1	82,0	94,0	92,2	97,2	99,5	94,7	98,6	97,4
	R ²	0,0	0,1	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3

Q. Cuantiles, MAE. Error Medio Absoluto, Int. Intersección, R². Coeficiente de determinación. Los cuantiles (q) señalados en negrita corresponden a los resultados estadísticamente significativos (p < 0,05)

Elaboración propia

A modo de ejemplo, se presentan los casos de Concordia, Mar del Plata, Trelew y Río Gallegos donde se muestran los resultados obtenidos para los parámetros estimados para los q y aquellos obtenidos de una regresión lineal. Las líneas predictivas evidencian el comportamiento distinto que tienen las variables en cada uno de los quintiles. Las mayores diferencias se observaron en los extremos, dejando de manifiesto que el Reanalysis pierde precisión al estudiar eventos de humedad relativa elevada o muy baja (Figura 7).

Figura 7. Parámetros estimados para los distintos cuantiles, aquellos obtenidos por una regresión lineal y las líneas predictivas (q=1 hasta q=9) resultante del análisis de los datos de humedad relativa (HR) observada y obtenida del Reanalysis para Concordia, Trelew, Mar del Plata y Río Gallegos



Elaboración propia

Finalmente, se realizó el estudio de la precipitación. Esta variable tuvo un comportamiento espacial heterogéneo según el tipo de clima que representó la ciudad costera estudiada. Por ejemplo, Iguazú tuvo resultados significativos en los 9 q analizados. Esta situación, se evidenció también en Trelew. Ambos coinciden con los climas donde las precipitaciones son más elevadas y más bajas, respectivamente (Tabla 9).

Por otro lado, los cuantiles 6, 7 y 8 de Buenos Aires tuvieron significancia estadística y en Mar del Plata del q4 al q6. Una situación similar se presentó en Bahía Blanca. Esto dejó de manifiesto que los valores de precipitación fueron más precisos al analizar los cuantiles centrales de los distintos tipos de clima templados. El Reanalysis fue más impreciso a medida que se analizaron los eventos más lluviosos y los secos. Esta situación también se presentó en los climas fríos húmedos y nivales (Río Gallegos y Ushuaia, respectivamente) (Tabla 9).

Tabla 9. Resultados de la regresión cuantílica obtenidos para los valores de precipitación de las ciudades costeras estudiadas

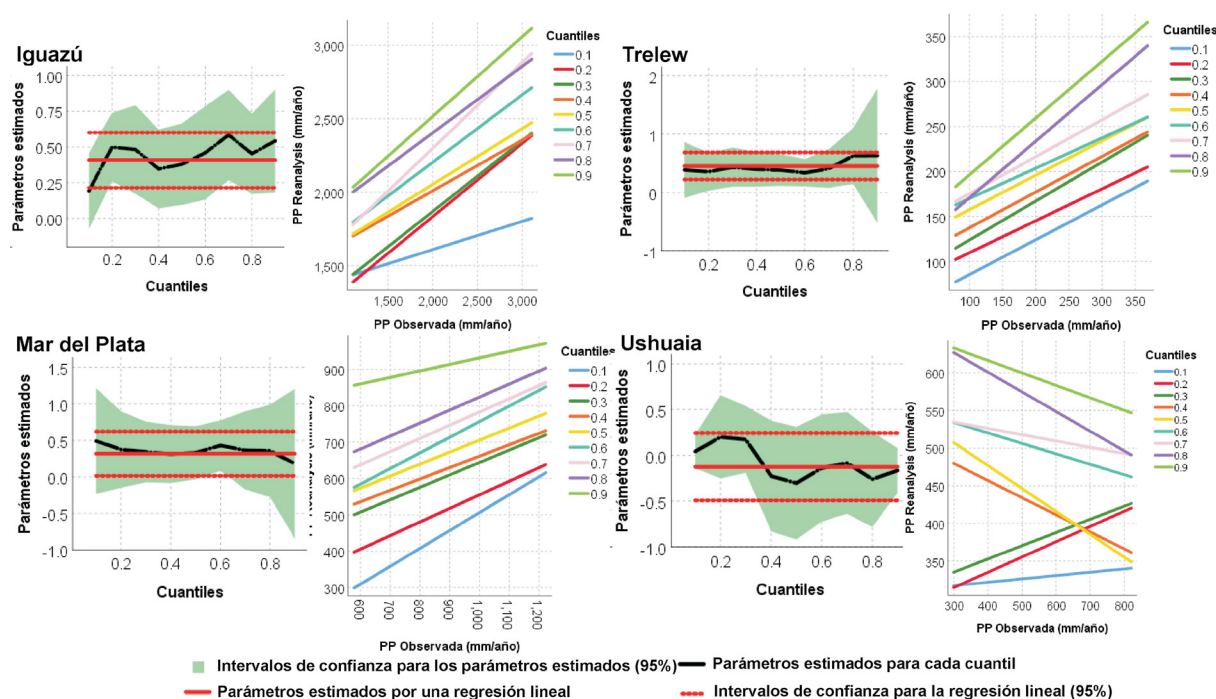
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Iguazú	MAE	458,8	331,9	313,5	272,6	267,7	281,0	307,9	366,9	435,0
	Int	1225,3	835,8	907,0	1318,7	1295,2	1287,2	1132,0	1499,8	1432,9
	R ²	0,2	0,5	0,5	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Concordia	MAE	666,5	527,1	399,6	361,6	350,8	355,6	389,0	457,2	572,0
	Int	666,9	1271,0	1320,4	1695,7	2006,0	1988,6	2462,5	2307,0	2685,0
	R ²	0,4	0,1	0,2	0,0	-0,1	0,0	-0,3	-0,1	-0,2
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Buenos Aires	MAE	247,5	165,6	140,8	127,0	123,8	126,9	140,7	162,9	183,3
	Int	144,0	143,9	-72,3	99,9	207,6	274,7	307,4	312,2	307,6
	R ²	0,3	0,4	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Mar del Plata	MAE	229,6	188,8	142,2	136,5	133,1	137,7	146,9	169,2	254,5
	Int	14,6	181,6	302,9	348,0	376,1	327,3	420,3	467,0	752,5
	R ²	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Bahía Blanca	MAE	240,5	199,7	169,7	164,2	159,0	164,6	172,2	246,8	360,1
	Int	70,1	175,0	191,5	253,8	314,3	291,8	363,8	809,3	928,8
	R ²	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,0	0,0
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Trelew	MAE	75,1	60,7	50,2	47,5	45,4	46,0	49,7	58,5	75,9
	Int	47,0	74,4	80,7	98,0	119,4	136,4	134,5	108,2	133,5
	R ²	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6	0,6
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Río Gallegos	MAE	212,4	168,7	129,5	116,7	114,5	118,5	137,8	159,1	221,1
	Int	412,1	563,0	744,4	865,6	899,8	998,1	1060,4	1102,6	1058,6
	R ²	0,1	0,5	0,9	0,2	0,3	0,5	0,5	0,5	0,8
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9
Ushuaia	MAE	4,0	2,7	2,3	2,3	2,2	2,4	2,5	3,2	3,6
	Int	73,1	82,0	94,0	92,2	97,2	99,5	94,7	98,6	97,4
	R ²	0,0	0,1	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
	Q	q=0,1	q=0,2	q=0,3	q=0,4	q=0,5	q=0,6	q=0,7	q=0,8	q=0,9

Q. Cuantiles, MAE. Error Medio Absoluto, Int. Intersección, R². Coeficiente de determinación. Los cuantiles (q) señalados en negrita corresponden a los resultados estadísticamente significativos (p < 0,05)

Elaboración propia

Por último, se presentaron los ejemplos de los parámetros estimados por la regresión cuantílica, aquellos derivados de una regresión lineal y las líneas predictivas para las ciudades de Iguazú, Mar del Plata, Trelew y Ushuaia. Se observó una correlación similar entre los q de Iguazú y Trelew, ambas ciudades con significancia estadística en todos los q. Por otro lado, Mar del Plata y Ushuaia presentaron líneas predictivas más inconsistentes (Figura 9).

Figura 8. Parámetros estimados para los distintos cuantiles, aquellos obtenidos por una regresión lineal y las líneas predictivas ($q=1$ hasta $q=9$) resultante del análisis de los datos de precipitación (PP) observada y obtenida del Reanalysis para las ciudades costeras estudiadas



Elaboración propia

4. Discusión de los resultados

Se comprobó que el Reanalysis NCEP/NCAR es una fuente de datos indirecta que favorece la caracterización del clima de distintas ciudades costeras de Argentina. Disponer de una fuente de datos indirecta testada para distintas regiones climáticas del país resulta de vital importancia para rellenar series incompletas y analizar la variabilidad climática (Libanda, Bwalya, Nkolola y Chilenkana, 2020). Los datos proporcionados por el Reanalysis han demostrado ser útiles en climas fríos, templados y cálidos de Sudamérica por su capacidad de identificar anomalías térmicas y barométricas que determinan el ingreso de frentes fríos y de esa forma utilizarlos, por ejemplo, en modelos de clima a futuro (Garreaud, 2000; Martins Andrade, Muller, Cavalcanti, Fernandez Long, Bidegain y Berri, 2012; da Rocha Repinaldo, Müller y Martins Andrade, 2017; Araya-Osses, Casanueva, Roman-Figueroa, Uribe y Paneque, 2020). Sin embargo, a distintas escalas espacio-temporales de análisis, se observaron particularidades que son necesarias considerar antes de aplicar este modelo. Por ejemplo, durante la primavera se presentaron diferencias notables que hacen que el estudio a escala estacional requiera de un análisis cuidadoso de la información. A pesar de ello, se destaca que el Reanalysis es uno de los modelos numéricos más utilizados a escala mundial debido al gran período de información disponible y a su resolución temporal (Mesinger *et al.*, 2006, Viggiano *et al.*, 2019). Sumado a ello, la mejor ventaja que tiene este modelo es que a partir de comparaciones y correcciones estadísticas se logra un downscaling de manera eficiente, permitiendo caracterizar los valores medios, el comportamiento interanual y mensual de las variables de temperatura del aire, humedad relativa y precipitación de manera adecuada (Zhao *et al.*, 2008; Viggiano *et al.*, 2019; Libanda *et al.*, 2020). A pesar de ello, se destaca que en este estudio los valores extremos de temperatura, precipitación y/o humedad relativa no estuvieron bien estimados en todos los climas estudiados, dando evidencia de que es necesario realizar múltiples pruebas estadísticas para trabajar con las series de tiempo. A modo de ejemplo, se destaca que la precipitación se ajustó mejor en los climas subtropicales y áridos (Iguazú y Trelew) y en los cuantiles medios de los climas templados (Buenos Aires, Mar del Plata y Bahía Blanca).

En este contexto, es destacable que, en la literatura, existen numerosos métodos de downscaling. El análisis de regresión lineal, múltiple, exponencial, logarítmica y polinómica ha sido ampliamente

utilizado (p.e., Ferrelli *et al.*, 2016; Bustos *et al.*, 2016). Sin embargo, otros métodos son importantes de ser incluidos para lograr una mejor precisión en los resultados finales. Los métodos de downscaling se aplican en todas las situaciones, aun cuando se observe que el modelo numérico representa de manera adecuada las condiciones climáticas de un determinado sitio (Heo, Anh, Shin y Kjeldser, 2019), especialmente en el estudio de las precipitaciones (Jeon, Paciorek y Wehner, 2016). Por esta razón, los modelos numéricos, como el Reanalysis deben ser corregidos a través de distintas técnicas de corrección (Boé, Terray, Habets y Martin, 2007; Abatzoglou y Brown, 2012; Hwang y Graham 2013). Dependiendo de las variables meteorológicas de interés existen distintos modelos que ayudan a mejorar la precisión de los datos obtenidos con el Reanalysis en relación a los observados *in situ* (Seo y Kim, 2018). Por ejemplo, en el estudio de las precipitaciones los métodos como el de mapeo por cuantiles y la regresión por cuantiles han resultado ser útiles para su estudio (Cannon *et al.*, 2015; Eum y Cannon, 2017). Sin embargo, los métodos de regresión han presentado resultados considerables en el estudio de la temperatura y la humedad relativa. En nuestro trabajo, se evidenció que el ajuste lineal entre las variables de temperatura del aire demostró ser un buen estimador para corregir esta variable. La precipitación presentó ajustes más complejos y obtuvo resultados más adecuados cuando se aplicaron los métodos de regresión por cuantiles debido a que el mismo permite una mejor discriminación de lo que sucede en los extremos de las series analizadas (Cannon *et al.*, 2015). Esto demuestra que la variabilidad propia de las precipitaciones es un elemento que no está bien representado por el Reanalysis, a pesar de que el mismo permita disponer de una amplia gama de datos. Finalmente, la humedad relativa ha presentado resultados altamente variables según los distintos climas de Argentina y eso se debe a la influencia de las masas de aire secas o humedad que afectan al territorio estudiado y originan cambios en el patrón hidrométrico.

El Reanalysis no podría ser utilizado para la caracterización climática de ciudades costeras de Argentina sin ser corregido adecuadamente, debido a que los errores producto de las diferencias de escala espacial, los generados por la topografía y la cercanía al mar, generan que la serie sea estadísticamente distinta a los datos observados (Kistler *et al.*, 2001; Rusticucci y Kousky, 2002; Kim, Kim, Boo, Shim y Kim, 2019; Gomes de Lima y Rodrigues Alcântara, 2019). Es importante considerar que los métodos estadísticos aplicados para realizar un downscaling de variables meteorológicas permiten modelar las relaciones estacionarias entre una serie de datos observados a escala local con los provenientes del Reanalysis (Xue, Janjic, Dudhia, Nasicy y De Sales, 2014; Miró Pérez, Estrela Navarro y Olcina Cantos, 2015; Libanda *et al.*, 2020). Con estos mecanismos, las series pueden ser reconstruidas y extrapoladas con los modelos estadísticos obtenidos para cada localidad (Coulibary, Dibike y Anctil, 2005; Miró Pérez, Estrela Navarro, Pastor y Millán Muñoz, 2009; Viggiano *et al.*, 2019).

Por otro lado, la humedad relativa de las ciudades costeras localizadas en los climas subtropicales sin estación seca y los templados húmedos no pudieron ser corregidos a escala mensual e interanual. Esto se debe principalmente a que en algunas circunstancias, los datos del Reanalysis tienen diferencias espacio-temporales marcadas que impiden su modelización. Estas hacen referencia a los eventos extremos termo-pluviométricos y a las sobreestimaciones o subestimaciones de los valores en algunas estaciones del año (Haylock, Cawley, Harpham, Wilby y Goodess, 2006; Kim *et al.*, 2019; Gomes de Lima y Rodrigues Alcântara, 2019). Por este motivo, la estación pluviométricamente seca de Concordia tampoco pudo ser determinada en el modelo identificado.

En cuanto a la comparación de las variables meteorológicas utilizadas en este estudio, se evidenció que en todos los casos, la temperatura del aire presentó los valores de correlación más elevados. Sin embargo, al analizarlos a escala estacional, los mismos tuvieron mayores diferencias con los datos observados. Esta situación fue demostrada también por otros autores (por ejemplo, Gomes de Lima y Rodrigues Alcântara, 2019). En lo que respecta a la precipitación y a la humedad relativa, las diferencias fueron mayores, sobre todo a escala estacional como también se visualizó en el estudio de Kim *et al.* (2019). Por ello, es importante considerar la incorporación de un mayor número de estaciones meteorológicas dentro de cada cuadrícula del Reanalysis para poder identificar el patrón espacial al que hacen referencia y eliminar los efectos de la topografía (Libanda *et al.*, 2020).

5. Conclusiones

Del análisis realizado a ciudades costero fluviales y marinas de clima cálido, templado y frío (húmedos, de transición y seco) en Argentina, se obtuvieron buenas correlaciones en algunas escalas temporales

para los parámetros meteorológicos del Reanalysis respecto de los datos observados. En la escala climática, los valores medios para todo el período de estudio (60 años) presentaron, en general, una buena estimación entre ambas bases de datos. La temperatura del aire tuvo buena correlación, con valores máximos de diferencias en las ciudades de clima cálido de hasta 2°C. La humedad relativa tuvo un ajuste menor al 10 % en todos los casos y la precipitación fue más exacta para los climas áridos y templados de transición. La única ciudad con diferencias significativas en todos los parámetros analizados fue Río Gallegos.

Del análisis estacional se obtuvo que la temperatura del aire no presentó, en general, buena correlación. La humedad relativa mostró mejor ajuste en invierno y otoño, excepto en Río Gallegos. Finalmente, la precipitación, al igual que en la escala climática, el ajuste fue mejor para los climas templados y áridos. Respecto de la escala interanual, los resultados presentaron errores mayores por lo cual se recomienda testear las series de datos para realizar el ajuste estadístico. Asimismo, los mejores ajustes fueron en la temperatura del aire y los de menor ajuste fueron en la humedad relativa.

El análisis mensual mostró mejores ajustes para la temperatura del aire. En la humedad relativa los ajustes fueron buenos, exceptos para las ciudades de clima cálido y húmedo, donde los valores originales no tuvieron buena correlación con los del Reanalysis. Finalmente, la precipitación tuvo una buena correlación. Con estos datos se generó una serie modelada con buenos ajustes mensuales para la temperatura del aire y la humedad relativa. Las precipitaciones fueron más complejas, no se logró identificar las estaciones secas en los climas cálidos húmedos, en especial en el caso de la ciudad de Concordia.

Los resultados obtenidos en este estudio sirven de base para comprender las diferencias que el Reanalysis tiene para la caracterización climática de ciudades costeras localizadas en distintos climas de Argentina. Este conocimiento es de vital importancia para diseñar un plan de manejo de los espacios urbanos destinados a la conservación de los recursos naturales y la mitigación de los efectos de la variabilidad climática sobre estos ambientes. Los mismos podrían ser de gran utilidad para que los tomadores de decisiones y los actores sociales mejoren su calidad de vida considerando los lineamientos del desarrollo sustentable.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y a la Universidad Nacional del Sur (UNS) por la financiación del presente estudio. Además, al Servicio Meteorológico Nacional (SMN, Argentina) y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Argentina) por el suministro de datos meteorológicos. Finalmente, agradecemos los datos del Reanálisis proporcionados por NOAA/ OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, Estados Unidos a través de su sitio web: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>.

Referencias

- Abatzoglou, J. T., & Brown, T. J. (2012). A comparison of statistical downscaling methods suited for wildfire applications. *International Journal of Climatology*, 32(5), 772-780. <https://doi.org/10.1002/joc.2312>
- Araya-Osses, D., Casanueva, A., Roman-Figueroa, C., Uribe, J. M., & Paneque, M. (2020). Climate change projections of temperature and precipitation in Chile based on statistical downscaling. *Climate Dynamics*, 54(9), 4309-4330. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05231-4>
- Boé, J., Terray, L., Habets, F., & Martin, E. (2007). Statistical and dynamical downscaling of the Seine basin climate for hydro-meteorological studies. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 27(12), 1643-1655. <https://doi.org/10.1002/joc.1602>
- Bustos, M. L., Ferrelli, F., Huamantínco Cisneros, M. A., Piccolo, M. C., & Gil, V. (2016). Estudio preliminar del ajuste entre datos meteorológicos *in situ* y del Reanálisis (NCEP/NCAR) en distintos ambientes de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Estudios Geográficos*, LXXVII, 280, 335-343.
- Bustos, M. L., Ferrelli, F., & Piccolo, M. C. (2017). Estudio Comparativo de Tres Modelos Climáticos en Argentina. *Anuário do Instituto de Geociências*, 40(1), 34-43. http://dx.doi.org/10.11137/2017_1_34_43
- Cannon, A. J., Sobie, S. R., & Murdock, T. Q. (2015). Bias correction of GCM precipitation by quantile mapping: How well do methods preserve changes in quantiles and extremes?. *Journal of Climate*, 28(17), 6938-6959. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00754.1>

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018). Proyecto de primer informe regional sobre la implementación del Consenso de Montevideo sobre Población y Desarrollo (LC/CRPD.3/3), Santiago de Chile. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43708/1/S1800378_es.pdf
- Collazo, S., Barrucand, M., & Rusticucci, M. (2019). Summer seasonal predictability of warm days in Argentina: statistical model approach. *Theoretical and Applied Climatology*, 138(3-4), 1853-1876. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02933-6>
- da Rocha Repinaldo, C. R., Müller, G. V., Martins Andrade, K. (2017). Patrones Atmosféricos Simulados en el clima presente y futuro asociados al Descenso de temperatura en el invierno en el sudeste de Sudamérica. *Boletín geográfico*, 39, 13-34.
- Garreaud, R. (2000). Cold Air Incursions over Subtropical South America: Mean Structure and Dynamics, *Monthly Weather Review*, 128(7), 2544-2559. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2000\)128<2544:CAIOSS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2000)128<2544:CAIOSS>2.0.CO;2)
- Gomes de Lima, J. A., & Rodrigues Alcântara, C. (2019). Comparison between ERA Interim/ECMWF, CFSR, NCEP/NCAR reanalysis, and observational datasets over the eastern part of the Brazilian Northeast Region. *Theoretical and Applied Climatology*, 138(3-4), 2021-2041. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02921-w>
- Devers, A., Vidal, J. P., Lauvernet, C., Graff, B., & Vannier, O. (2020). A framework for high-resolution meteorological surface reanalysis through offline data assimilation in an ensemble of downscaled reconstructions. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(726), 153-173. <https://doi.org/10.1002/qj.3663>
- Eum, H. I., & Cannon, A. J. (2017). Intercomparison of projected changes in climate extremes for South Korea: application of trend preserving statistical downscaling methods to the CMIP5 ensemble. *International Journal of Climatology*, 37(8), 3381-3397. <https://doi.org/10.1002/joc.4924>
- Ferrelli, F., Brendel, A. S., Aliaga, V. S., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. E. (2019). Climate regionalization and trends based on daily temperature and precipitation extremes in the south of the Pampas (Argentina). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 45(1), 393-416. <https://doi.org/10.18172/cig.3707>
- Ferrelli, F., Bustos, M. L., Piccolo, M. C., Huamantínco Cisneros, M. A. & Perillo, G. M. E. (2016). Downscaling de variables climáticas a partir del reanálisis NCEP/NCAR en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Papeles de Geografía*, (62), 21-33. <https://doi.org/10.6018/geografia/2016/239051>
- Haylock, M. R., Cawley, G. C., Harpham, C., Wilby, R. L., & Goodess, C. M. (2006). Downscaling heavy precipitation over the United Kingdom: a comparison of dynamical and statistical methods and their future scenarios. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 26(10), 1397-1415. <https://doi.org/10.1002/joc.1318>
- Heo, J. H., Ahn, H., Shin, J. Y., Kjeldsen, T. R., & Jeong, C. (2019). Probability distributions for a quantile mapping technique for a bias correction of precipitation data: A case study to precipitation data under climate change. *Water*, 11(7), 1475. <https://doi.org/10.3390/w11071475>
- Hwang, S., & Graham, W. D. (2013). Development and comparative evaluation of a stochastic analog method to downscale daily GCM precipitation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(11), 4481-4502. <https://doi.org/10.5194/hess-17-4481-2013>
- Jeon, S., Paciorek, C. J., & Wehner, M. F. (2016). Quantile-based bias correction and uncertainty quantification of extreme event attribution statements. *Weather and Climate Extremes*, 12, 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2016.02.001>
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., ... & Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American meteorological Society*, 77(3), 437-472. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
- Kim, K. Y., Kim, J., Boo, K. O., Shim, S., & Kim, Y. (2019). Intercomparison of precipitation datasets for summer precipitation characteristics over East Asia. *Climate Dynamics*, 52(5-6), 3005-3022. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4303-3>


- Kistler, R., Kalnay, E., Collins, W., Saha, S., White, G., Woollen, J., Chelliah, M., ... & Fiorino, M. (2001). The NCEP–NCAR 50-year reanalysis: monthly means CD-ROM and documentation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82(2), 247-268. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2001\)082<0247:TNNYRM>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2001)082<0247:TNNYRM>2.3.CO;2)
- Libanda, B., Bwalya, K., Nkolola, N. B., & Chilekana, N. (2020). Quantifying long-term variability of precipitation and temperature over Zambia. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 198, 105201. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2020.105201>
- Martins Andrade, K. M., Müller, G. V., Cavalcanti, I. F. A. Fernández-Long, M. E. & Bidegain, M. (2012): Avaliação de mudanças na frequência de sistemas frontais sobre o sul da América do Sul em projeções do clima futuro. *Meteorologica*, 37, 15-26.
- Mesinger, F., DiMego, G., Kalnay, E., Mitchell, K., Shafran, P. C., Ebisuzaki, W., ... & Shi, W. (2006). North American regional reanalysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 87(3), 343-360. <https://doi.org/10.1175/BAMS-87-3-343>
- Miró, J., Estrela Navarro, M. J., Pastor, F., & Millán Muñoz, M. (2009). Análisis comparativo de tendencias en la precipitación, por distintos "inputs", entre los dominios hidrológicos del Segura y del Júcar (1958-2008). *Investigaciones Geográficas*, (49), 129-157. <https://doi.org/10.14198/INGEO2009.49.07>
- Miró Pérez, J. J., Estrela Navarro, M. J., & Olcina Cantos, J. (2015). Statistical downscaling and attribution of air temperature change patterns in the Valencia region (1948–2011). *Atmospheric Research*, 156, 189-212. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.01.003>
- Nacar, S., Kankal, M., & Okkan, U. (2019). Statistical Downscaling of Monthly Mean Air Temperature Using NCEP/NCAR Re-analysis Data: A Case Study for the Eastern Black Sea Basin. En 3rd International Conference on Advanced Engineering Technologies. Turquia. https://www.researchgate.net/profile/Sinan_Nacar/publication/336374233
- Piccolo, M. C., Merlotto, A. Bustos, M. L., Huamantínco Cisneros, M. A. & García, M. A. (2017). Tormentas severas: ¿Cuán vulnerables son las costas del sur de la provincia de Buenos Aires (Argentina)? En A.V. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez y J. L. Rojas-Galaviz (Eds.), *Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático* (pp. 283-296). Recuperado de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/129944>
- Romero, H. (2019). Urban Climates and the Challenge of Sustainable Development of Chilean Cities. En C. Henríquez y H. Romero (Eds.), *Urban Climates in Latin America* (pp. 207-256). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-97013-4>
- Romero, P. E., González, M. H., Rolla, A. L., & Losano, F. (2020). Forecasting annual precipitation to improve the operation of dams in the Comahue region, Argentina. *Hydrological Sciences Journal*, 1-10. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1786570>
- Rusticucci, M. M., & Kousky, V. E. (2002). A comparative study of maximum and minimum temperatures over Argentina: NCEP–NCAR reanalysis versus station data. *Journal of Climate*, 15(15), 2089-2101. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<2089:ACSOMA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<2089:ACSOMA>2.0.CO;2)
- Sachindra, D. A., Ahmed, K., Mamunur Rashid, M., Sehgal, V., Shahid, S., & Perera, B. J. C. (2019). Pros and cons of using wavelets in conjunction with genetic programming and generalised linear models in statistical downscaling of precipitation. *Theoretical and Applied Climatology*, 138(1-2), 617-638. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02848-2>
- Seo, S. B., & Kim, Y. O. (2018). Impact of spatial aggregation level of climate indicators on a national-level selection for representative climate change scenarios. *Sustainability*, 10(7), 2409. <https://doi.org/10.3390/su10072409>
- Seth, A., Rauscher, S. A., Camargo, S. J., Qian, J. H., & Pal, J. S. (2007). RegCM3 regional climatologies for South America using reanalysis and ECHAM global model driving fields. *Climate Dynamics*, 28(5), 461-480. <https://doi.org/10.1007/s00382-006-0191-z>
- Takane, Y., Kikegawa, Y., Hara, M., & Grimmond, C. S. B. (2019). Urban warming and future air-conditioning use in an Asian megacity: importance of positive feedback. *Climate and Atmospheric Science*, 2(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0096-2>

- Viggiano, M., Busetto, L., Cimini, D., Di Paola, F., Geraldi, E., Ranghetti, L., Ricciardelli, E & Romano, F. (2019). A new spatial modeling and interpolation approach for high-resolution temperature maps combining reanalysis data and ground measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 276, 107590. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.05.021>
- Xue, Y., Janjic, Z., Dudhia, J., Vasic, R., & De Sales, F. (2014). A review on regional dynamical downscaling in intraseasonal to seasonal simulation/prediction and major factors that affect downscaling ability. *Atmospheric research*, 147, 68-85. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.05.001>
- Zhang, X. & Yang, F. (2013). RCLimDex (1.1) user manual. Retrieved from <https://acmad.net/rcc/procedure/RCLimDexUserManual.pdf>
- Zhao, T., Guo, W., & Fu, C. (2008). Calibrating and evaluating reanalysis surface temperature error by topographic correction. *Journal of Climate*, 21(6), 1440-1446. <https://doi.org/10.1175/2007JCLI1463.1>
- Zhou, H., Aizen, E., & Aizen, V. (2018). Constructing a long-term monthly climate data set in central Asia. *International Journal of Climatology*, 38(3), 1463-1475. <https://doi.org/10.1002/joc.5259>

Cita bibliográfica: Sequeira, N.D., Vazquez, P., Sacido, M., & Daga, D.Y. (2021). Zonificación agroecológica del partido de Benito Juárez (Argentina): agriculturización y consecuencias ambientales en una porción de la Región Pampeana Argentina. *Investigaciones Geográficas*, (76), 285-307. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18076>

Zonificación agroecológica del partido de Benito Juárez (Argentina): agriculturización y consecuencias ambientales en una porción de la Región Pampeana Argentina

Agro-ecological zoning in Benito Juárez county (Argentina): agriculturalisation and environmental consequences in a sector of the Argentinean Pampas

Nahuel David Sequeira^{1*} 

Patricia Vazquez² 

Mónica Sacido³

Daiana Yael Daga⁴ 

Resumen

La región Pampeana Argentina presenta un notable proceso de agriculturización, cuya distribución e impactos ambientales no se manifiestan homogéneamente. El partido de Benito Juárez conforma un claro ejemplo del mencionado escenario en la región. Los objetivos del presente trabajo fueron realizar una Zonificación Agroecológica (ZAE) del partido para los períodos comprendidos entre las campañas agro-productivas 1989/90-2002/03 y 2002/03-2014/15, definiendo Unidades Agroecológicas (UAE); y estimar algunos de los potenciales impactos ambientales negativos del proceso, a partir de tres Indicadores de Sustentabilidad (IdS). Metodológicamente, la ZAE fue efectuada en el marco de un sistema de información geográfica, mediante datos antecedentes acerca de las características ecológicas del área y la variación de la superficie agrícola en los períodos abordados. Respecto a los IdS, se empleó el riesgo de contaminación por plaguicidas, el riesgo de intervención del hábitat y el balance aparente de nitrógeno y fósforo, adaptados del software AgroEcoIndex. Los resultados demuestran la presencia de cinco UAE para cada período, las cuales evidencian diferentes niveles de agriculturización y exhiben una profundización de los impactos ambientales negativos a lo largo del tiempo. Esta situación exige el desarrollo de una correcta planificación tendiente a alcanzar la sustentabilidad ambiental de los sistemas agroproductivos.

Palabras clave: agriculturización; unidades agroecológicas; impactos ambientales; indicadores de sustentabilidad; evaluación ambiental; partido de Benito Juárez.

Abstract

In the Argentinean Pampas there is a remarkable process of agriculturalisation, whose distribution and environmental impacts are not homogeneous. Benito Juárez county is a clear example of this scenario.

1 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de Estudios Sociales de América Latina (CESAL). Facultad de Ciencias Humanas (FCH), Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires (UNICEN), Tandil, Buenos Aires, Argentina. nahuelsequeira@conicet.gov.ar. * Autor para correspondencia

2 CONICET. CESAL. FCH, UNICEN, Tandil, Buenos Aires, Argentina. patriciavazquez@conicet.gov.ar

3 Cátedra de forrajes, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina. msacido@hotmail.com

4 CONICET. CESAL. FCH, UNICEN, Tandil, Buenos Aires, Argentina. daianadaga@conicet.gov.ar

The objectives of the present work were to complete an agro-ecological zoning (AEZ) of Benito Juárez county for the periods covered by the agro-productive campaigns of 1989/90-2002/03 and 2002/03-2014/15. The aim was to define several agro-ecological units (AEUs) and estimate some of the potential negative environmental impacts of this process based on the calculation of three sustainability indicators (SI). Methodologically, the AEZ was carried out within the framework of a geographic information system, based on background data about the ecological characteristics of the area and the variations of the agricultural surface in the periods addressed. The pesticide contamination risk, the habitat intervention risk, and the apparent nitrogen and phosphorus balance (adapted from the AgroEcoIndex software) were used for the SI. The results show the presence of five AEU for each period, which demonstrates different levels of agriculturalisation and reveal a deepening of negative environmental impacts over time. This situation requires planning to achieve an environmental sustainability for agricultural production systems.

Keywords: agriculturalisation; agro-ecological units; environmental impacts; sustainability indicators; environmental evaluation; Benito Juárez county.

1. Introducción

Las actividades asociadas a los variados usos del suelo, tal es el caso de la transformación de paisajes naturales para uso humano o el cambio de estrategias de manejo en tierras ya dominadas, han facilitado la modificación de una enorme porción de la superficie de nuestro planeta. Aunque las prácticas de usufructo del suelo presentan notables variaciones entre los diversos países, en la mayor parte de los casos se da lugar a un modelo económico sustentado en la intensiva extracción de recursos naturales, con la finalidad de solventar las necesidades humanas y adquirir beneficios en el corto plazo; usualmente a expensas de condiciones ambientales degradantes (Foley *et al.*, 2005). Tomando esto como base, varios años de investigación han contribuido a demostrar que las transformaciones de los sistemas naturales derivadas del accionar antrópico, en conjunto con la desmesurada explotación de los recursos presentes en la naturaleza, generaron importantes impactos ambientales negativos a escala global, los cuales van desde cambios en la atmósfera hasta la modificación de los ecosistemas (Foley *et al.*, 2005; Ruiz, Savé y Herrera, 2013).

A nivel mundial, tanto la intensificación agrícola como la conversión de ecosistemas naturales a terrenos dedicados a la agricultura, se han convertido en dos de los mayores elementos causantes de modificaciones respecto al tipo de aprovechamiento que se efectúa sobre los diversos suelos, generando variadas y peligrosas consecuencias (Paruelo *et al.*, 2006; Tiscornia, Achkar y Drazeiro, 2014). Asimismo, en virtud de los desafíos que el planeta enfrenta en el presente, como el crecimiento demográfico, la evolución hacia una dieta más rica en proteínas y la progresiva demanda de productos de origen agrícola, esta realidad parece resultar inalterable. No obstante, y más allá de los verificados beneficios económicos adquiridos por algunos sectores, las repercusiones ambientales que estos cambios traen aparejadas, indican la importancia y necesidad de una correcta regulación y planificación de la expansión de las áreas cultivadas (Tiscornia *et al.*, 2014).

Si bien hasta inicios de la década de 1970, la alternancia entre agricultura y ganadería había logrado posicionarse como el modelo productivo dominante en la mayoría de los países latinoamericanos (Péngue, 2001), a partir de esta época comenzó a sucederse un importante proceso de “agriculturización”, definido como un continuo y creciente aumento en la producción agrícola, a costa del desplazamiento de otros usos. Esta situación, a su vez, se encontró relacionada a cambios tecnológicos, intensificación ganadera, expansión de la frontera agropecuaria; y, fuertemente asociado con la sostenibilidad, a una tendencia de la agricultura hacia el desarrollo de producciones tendientes al monocultivo de soja o a la combinación trigo-soja (Comisión Económica para América Latina de la Organización de las Naciones Unidas [CEPAL], 2005).

La Argentina no resultó ajena a esta transformación, y la expansión agrícola acaecida en las últimas décadas ocasionó una enérgica modificación en los usos del suelo de las áreas de producción agropecuaria extensiva (Jacobo, Rodríguez, González y Golluscio, 2016). Como consecuencia del citado proceso, y teniendo en consideración que el incremento de la demanda mundial de commodities agrícolas ha implicado un fuerte incentivo para acrecentar la producción agropecuaria, en los últimos cincuenta años la superficie agrícola aumentó alrededor de un 50% y la producción de granos creció un 400%. Esta situación relegó a la actividad ganadera (tanto en términos de uso del suelo como de participación en el resultado

de muchas empresas) y originó un incremento en la presión de pastoreo sobre la vegetación natural de áreas que demostraban claras limitantes para el desarrollo de cultivos (Jacobo *et al.*, 2016).

Gran parte de estas alteraciones productivas se manifestaron dentro de la denominada Región Pampeana Argentina (RPArg), la cual comprende una importante área económica-geográfica, centralizando entre el 80 y el 90% de la producción de cereales y oleaginosas del país y más del 50% del total de habitantes (Satorre, 2005). A pesar de que en esta región los sistemas agrícolas también se encontraban orientados hacia un modelo de producción mixta, de agricultura y ganadería pastoril, la agriculturización sucedida en los últimos veinticinco años obligó a la retracción de estos sistemas, propiciando la preeminencia de otros con características empresariales tendientes al elevado uso de insumos (Viglizzo *et al.*, 2011). Consecuentemente, la rotación entre agricultura y ganadería disminuyó marcadamente, siendo esta última expulsada hacia zonas sin aptitud agrícola. Por su parte, los pastizales naturales comenzaron a demostrar, además de un importante nivel de degradación, un escaso grado de conservación; y, en algunos casos, desaparecieron o se ubicaron en las banquinas de los caminos y terrenos baldíos de las áreas periurbanas en un patrón de elevada fragmentación (Baldi, Guershman y Paruelo, 2006).

Ante este panorama, el análisis de las transformaciones territoriales generadas por el proceso de agriculturización adquiere una enorme relevancia, debido a que pueden ocasionar impactos ambientales perjudiciales. Entre estos, se destacan la disminución de la capacidad de los ecosistemas para brindar servicios, la homogeneización del paisaje, la pérdida de hábitats y biodiversidad, la degradación del suelo y del agua, problemas de salinización y alcalinización, efectos sobre el clima, la pérdida de fertilidad, el aumento del calentamiento global, el empleo de dosis de plaguicidas más elevadas en períodos de tiempo más cortos y transformaciones sociales, entre otros (Altieri y Nicholls, 2000; Paruelo *et al.*, 2006; Sarandón y Flores, 2014).

Teniendo en cuenta la importancia del escenario planteado y sus consecuencias, en las últimas décadas ha emergido un creciente interés por analizar la distribución y extensión de la superficie destinada a la agricultura y las tasas de conversión de ecosistemas naturales hacia otros agrícolas (Cabido, 2008). Asimismo, existe una progresiva preocupación por conocer, evaluar e intentar dar solución a los efectos negativos de la actividad agropecuaria sobre los recursos naturales, en el marco de un desarrollo orientado hacia un modelo que logre la sustentabilidad de los agroecosistemas (Manchado, 2010).

Para afrontar esta necesidad, pueden emplearse diversas herramientas, cada una con ciertas potencialidades. Inicialmente, es posible destacar a la Zonificación Agroecológica (ZAE), una metodología introducida por la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) con el fin de dar solución a diferentes problemas de evaluación de recursos naturales como pilar para una agricultura sustentable. Así, las zonas o áreas agroecológicas (que pueden interpretarse como paisajes o unidades ecológicas), se definen como aquellas que poseen combinaciones similares en cuanto a sus características de vegetación, topografía, clima y suelos; y, por tanto, el mismo potencial biofísico para la producción agrícola. Además, estas deben contemplar la necesidad de considerar el uso actual de la tierra y de reservar áreas de preservación, en casos de ecosistemas de especial fragilidad, tal como sucede en aquellos con suelos cuya degradación se anticipa en caso de someterse a nuevos sistemas de manejo (FAO, 1997).

Dentro de sus posibilidades, la ZAE puede manifestar variadas finalidades. En primer lugar, se hallan investigaciones que, considerando la comparación de los requerimientos ambientales de un determinado tipo de uso del suelo con relación a las características de una región dada (Allan *et al.*, 1995), facilitan la identificación de los usos agropecuarios que generarían la menor cantidad de impactos negativos (FAO, 1996). Sumado a esto, se conocen un gran número de trabajos internacionales (Villa, Inzunza y Catalán, 2001; Suárez, Bacallao, Soto Carreño y Caballero Núñez, 2013) y nacionales (Anschau, Flores Marco, Carballo y Hilbert, 2009), que también emplean esta herramienta como una metodología de evaluación previa, con el fin de establecer aquellas áreas más adecuadas para el desarrollo de un determinado tipo de cultivo, buscando obtener un menor riesgo y una mayor productividad. Por último, existen trabajos como el de Vazquez, Sacido y Zulaica (2013), que utilizan este instrumento para realizar un diagnóstico de las transformaciones de la superficie agropecuaria a través del tiempo, considerando los rasgos ecológicos característicos de la región analizada, con el fin de favorecer el desarrollo de alternativas productivas orientadas a una agricultura sustentable.

En este sentido, la ZAE ha sido valorada por varios autores como una de las principales herramientas para disminuir no solo los riesgos ocasionados por la agricultura, sino también aquellos a los que esta

se enfrenta. Por esta razón, los trabajos de zonificación poseen gran relevancia, esencialmente cuando se trata de concretar una planificación en los sectores productivos donde el ambiente juega un rol decisivo (Soto *et al.*, 2001); convirtiéndose así en un notable insumo al comenzar a plantear una correcta planificación ambiental del territorio.

Otro instrumento de importancia para valorar los efectos de las acciones antrópicas sobre el ambiente y sus consecuencias, son los indicadores de sustentabilidad (IdS). Un indicador compone una variable que resume o simplifica información de importancia, haciendo que un fenómeno o condición de interés se haga perceptible; y que cuantifica, mide y comunica, en forma comprensible, información relevante. Si bien preferiblemente deben ser variables cuantitativas, también pueden ser cualitativas o nominales o de rango u ordinales, sobre todo cuando no hay disponibilidad de información cuantitativa, el atributo no es cuantificable, o cuando los costos para cuantificar son elevados. En cuanto a sus principales funciones, sobresale la posibilidad de evaluar condiciones o tendencias, comparar transversalmente sitios o situaciones, evaluar metas y objetivos, proveer información preventiva temprana y anticipar condiciones y tendencias futuras (Cantú, Becker, Bedano y Schiavo, 2007).

El partido de Benito Juárez, en la Región Pampeana Austral (RPA, dentro de la RPArg), se muestra como un claro ejemplo de las mencionadas transformaciones en los usos del suelo, especialmente en relación al avance del proceso de agriculturización observado. En base a un estudio técnico sobre evaluación de tierras, la Sociedad Rural de Benito Juárez (2007) establece que sólo un área reducida del territorio juarense presenta aptitud agrícola o agrícola-ganadera (19,15%), mientras que el resto posee tierras con capacidades de uso ganadera (44,76%) o ganadera agrícola (36,08%).

En este sentido, si bien se trata de una zona históricamente dedicada a la ganadería, en los últimos años la superficie total destinada a agricultura manifestó un continuo incremento, el cual fue del 111,24% en el período 1989/90-2002/03 y del 124,78% en el período 2002/03-2014/15 (Sequeira, Vazquez y Zulaica, 2019). No obstante, el avance agrícola no se desarrolló de manera homogénea, sino que se concretó sobre áreas con características diversas, muchas de las cuales no presentan aptitud agrícola, llevando esto a pensar que la intensidad de sus consecuencias negativas serán diferentes de acuerdo al área analizada. En función de lo mencionado, Requesens y Silva (2011) plantean que la elevada heterogeneidad ambiental del partido, en conjunto con su fuerte tradición ganadera, lo convierten en un área de estudio interesante para evaluar las tendencias temporales en las transformaciones del uso de la tierra y sus impactos.

Dentro de este marco, los objetivos del presente trabajo fueron: a) llevar a cabo una ZAE del partido de Benito Juárez para los períodos comprendidos por las campañas agroproductivas 1989/90-2002/03 y 2002/03-2014/15, definiendo diversas Unidades Agroecológicas (UAE) y estableciendo así aquellos sectores en donde es posible observar un mayor avance del proceso de agriculturización; y b) estimar algunos de los potenciales impactos ambientales negativos del citado proceso, partiendo del cálculo de tres IdS. Esta investigación resulta en un aporte fundamental al área de estudio, ya que el enfoque orientado a escala de partido permite la obtención de información localmente relevante para una zona que aún no ha sido analizada en profundidad, la cual podrá estar a disposición de los tomadores de decisiones al momento de desarrollar políticas tendientes a un manejo sustentable de los sistemas productivos. Además, brinda datos de relevancia que contribuyen a avanzar en la comprensión de las potenciales implicancias de la agriculturización a nivel de la RPArg, la cual ha sido notablemente afectada por dicho proceso.

2. Metodología

2.1. Área de estudio

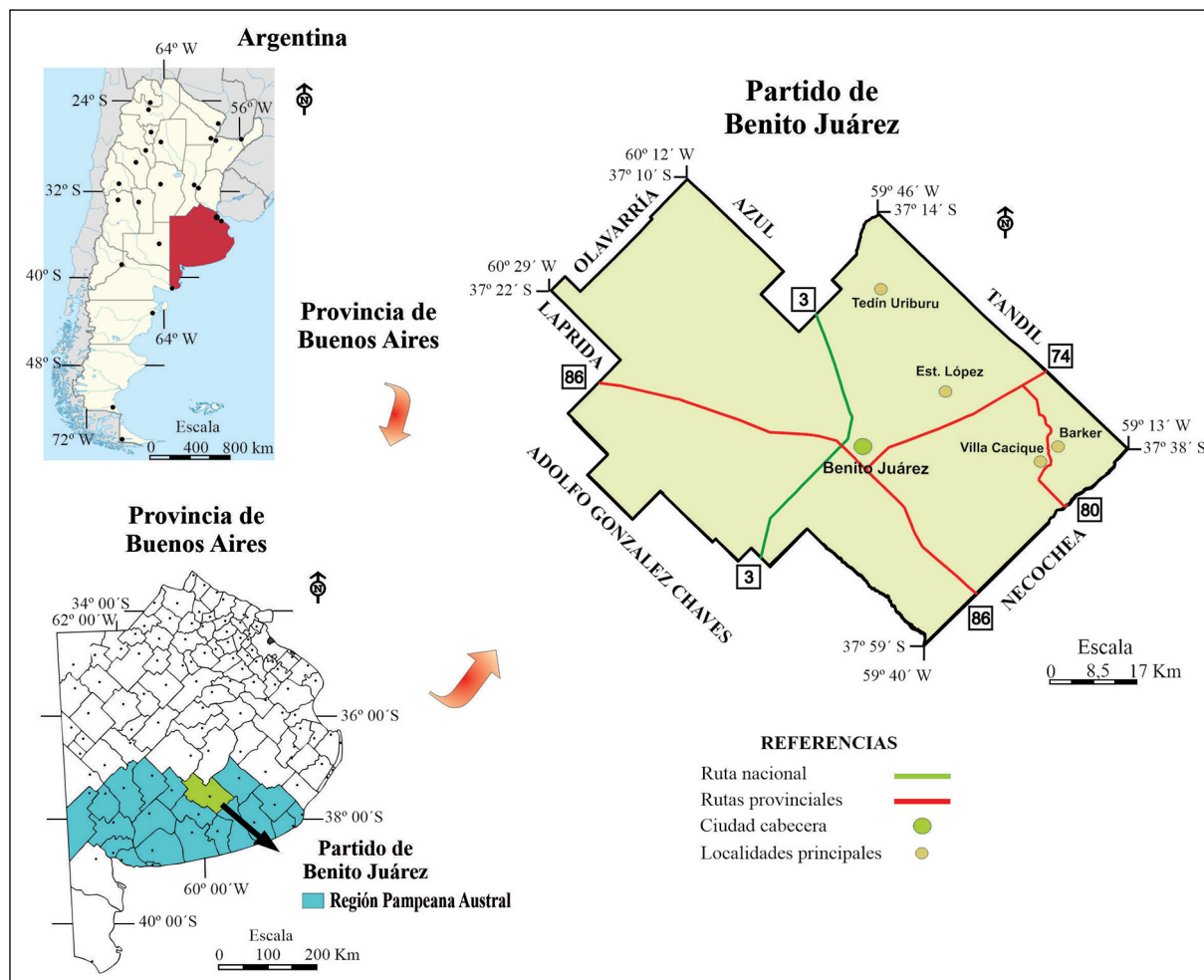
El partido de Benito Juárez se posiciona en el centro-sur de la provincia de Buenos Aires (Figura 1), dentro de la RPA, extendiéndose entre los 37°10' y 37° 58' latitud S y los 59° y 60° longitud O. Posee una altitud promedio de 199 msnm, una extensión de 5.285 km² y, según los datos aportados por el último Censo Nacional (INDEC, 2010), la cantidad de habitantes alcanzó a 20.239.

El clima del área de estudio es húmedo y templado, con precipitaciones durante todo el año, pero más frío y seco que el del resto de los distritos de la Provincia Pampeana determinada por Cabrera y Willink (1973); por lo que, consecuentemente, no actúa como un factor determinante de las actividades

agroproductivas, lo cual ayuda a justificar la sustitución extensiva de la vegetación originaria por agroecosistemas.

Con relación a lo anterior, y como ya fue mencionado, se destaca que únicamente un 19,15% del territorio muestra aptitud agrícola o agrícola-ganadera. A pesar de ello, se ha producido un notable avance de la agricultura, en muchos casos sobre zonas sin la aptitud necesaria, ocasionando diversos impactos y convirtiendo al partido en un área de interés para analizar este proceso a escala local.

Figura 1. Ubicación del área de estudio



Elaboración propia

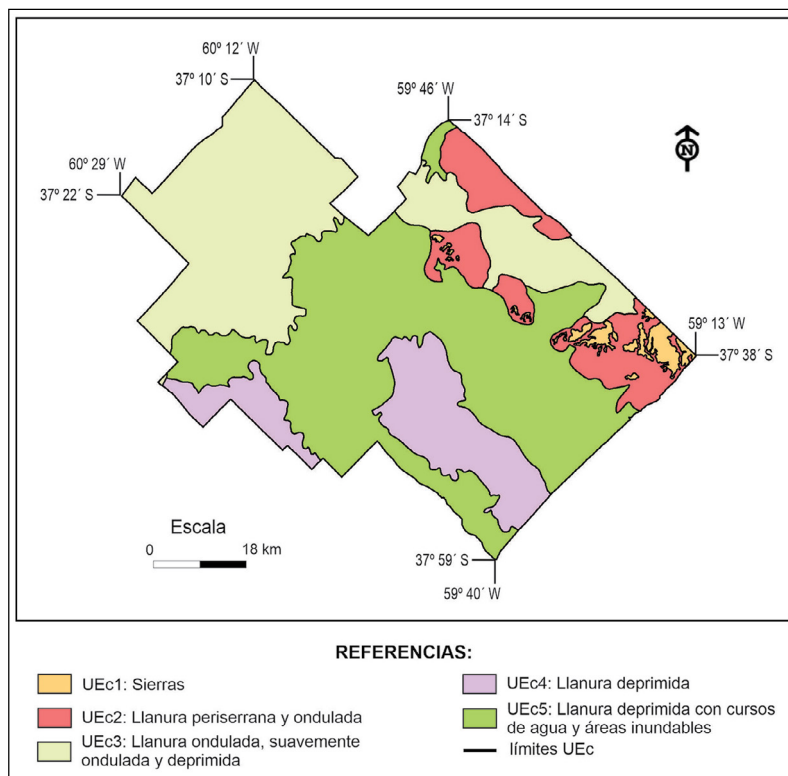
2.2. Zonificación agroecológica

La aproximación a la ZAE del área en estudio requirió, en un primer momento, la aplicación de conceptos y metodologías planteados por FAO (1997), los que fueron adaptados a este caso de estudio en función de la disponibilidad de información viable de adquirir y procesar; y surgió a partir de la integración de Unidades Ecológicas (UEc) y Unidades de Agriculturización (UAg), para los dos períodos seleccionados (1989/90-2002/03 y 2002/03-2014/15).

2.2.1. Unidades ecológicas

Las UEc fueron obtenidas de la investigación de Sequeira *et al.* (2019), en la que los autores establecieron un mapa con las cinco UEc que componen al partido de Benito Juárez, las cuales presentan características homogéneas en cuanto a atributos geomorfológicos, edáficos, hidrológicos y de vegetación (Figura 2).

Figura 2. Unidades Ecológicas que conforman al partido de Benito Juárez



Referencias: UEc: Unidades Ecológicas

Fuente: Sequeira *et al.* (2019). Elaboración propia

2.2.2. Unidades de agriculturización

Las UAg representan el porcentaje de variación de la superficie destinada a agricultura entre las campañas seleccionadas, considerando las diferentes UEc. Para su elaboración, además de los datos acerca de estas últimas, se utilizaron tres clasificaciones supervisadas (CS; Figura 4) de imágenes satelitales correspondientes a los años 1990, 2003 y 2015 (referidas a las campañas agroproductivas 1989/90, 2002/03 y 2014/15, respectivamente); adquiridas del trabajo llevado a cabo por Sequeira, Vazquez y Sacido (2018), en el que se examinaron principalmente las transformaciones de las áreas agrícolas y ganaderas⁵ dentro del partido de Benito Juárez.

Inicialmente, se prosiguió a superponer cada una de las UEc sobre cada una de las tres CS en el marco del *software* ENVI (4.5). Luego de esto, fue posible adquirir los valores estadísticos correspondientes a la superficie destinada a la actividad agrícola dentro de cada UEc para cada campaña evaluada.

Seguidamente, se concretó un análisis de la variación de la superficie agrícola por unidad por campaña, consiguiendo el porcentaje de aumento de la superficie agrícola en ambos períodos en análisis. Una vez alcanzados estos resultados, a cada UEc se le asignó el valor de incremento correspondiente para cada período (*software* ArcGIS 10.4.1); obteniendo así las UAg del primer período (1989/90-2002/03, UAgpp) y las del segundo período (2002/03-2014/15, UAgsp).

En relación a lo anterior, la configuración espacial de las UAg resulta de la clasificación de los porcentajes de aumento de la agricultura en intervalos. Para definirlos, se empleó el método “natural breaks” o

⁵ En el citado trabajo, el área agrícola está conformada por áreas cultivadas (lotes en producción o con cultivos implantados en desarrollo) y áreas cultivables (lotes en los cuales no se observan cultivos en el momento de la captura de la imagen), que se identifican individualmente. En este caso, el clasificador utilizado (*Maximum Likelihood Classifier*) permitió separar de manera sencilla ambas clases de uso. Por su parte, el área ganadera se encuentra constituida por las áreas ocupadas por ecosistemas de pastizales y de pasturas. A los fines de aquel estudio y por razones metodológicas, se decidió incluir a ambos ecosistemas en una única categoría (áreas con pastizales y pasturas), ya que se asume, de manera general, que se encuentran destinados a una misma actividad (pastoreo) y el tratamiento de separación de clases no resultaba tan sencillo de efectuar como el anterior.

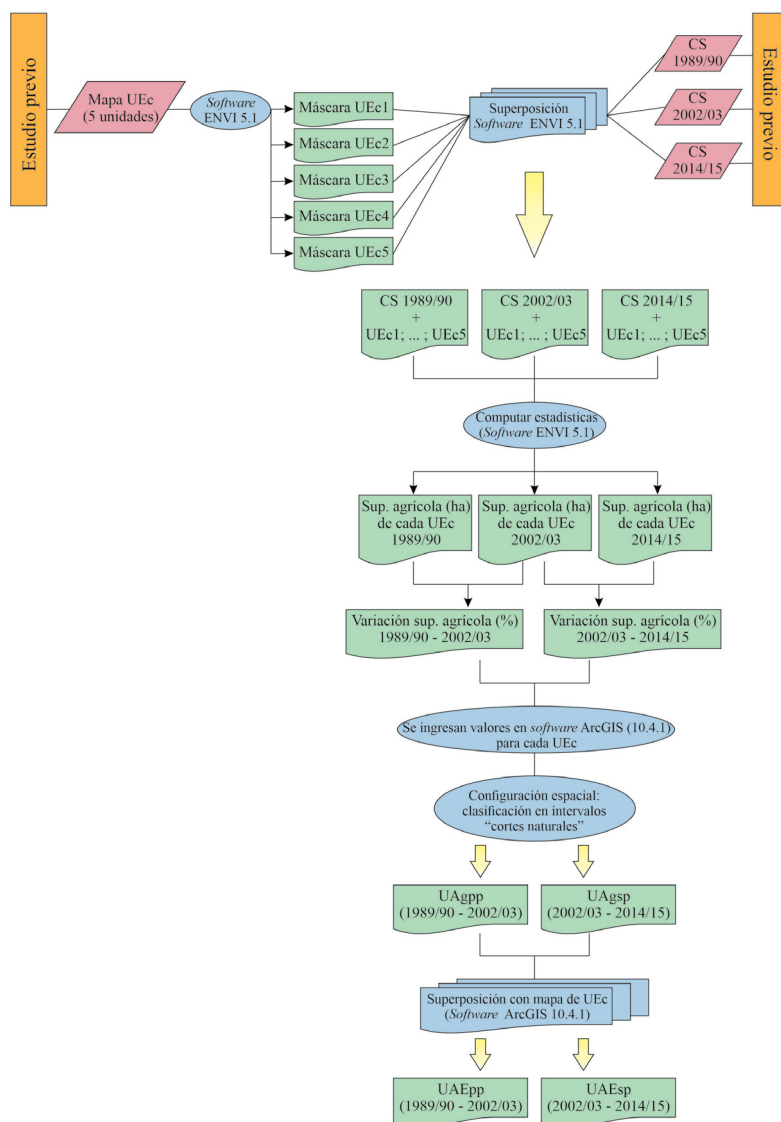
de intervalos naturales, el cual identifica los puntos de corte entre clases mediante el algoritmo de optimización de Jenks. Para esto, el software busca adquirir clases de gran homogeneidad interna, con máximas variaciones entre ellas, para el número de intervalos que se haya especificado previamente. Los límites entre clases se definen teniendo en cuenta las diferencias importantes (saltos) en la distribución de las frecuencias del indicador por periodo seleccionado (Jenks, 1967). En ambos periodos, a dichos intervalos les fueron asignadas categorías cualitativas relativas al proceso de agriculturización: baja, media, alta y muy alta.

2.2.3. Unidades agroecológicas

Una vez analizada la información hasta aquí considerada, se procedió a concretar la integración entre las UEc y las UAg mediante el *software* ArcGIS 10.4.1, haciendo posible alcanzar como resultado las distintas UAE para el primer período (UAEpp) y para el segundo (UAEsp); las cuales representan el nivel de agriculturización evidenciado en cada una de las UEc.

En la Figura 3, se sintetiza el proceso metodológico llevado a cabo para la realización de la ZAE.

Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de la Zonificación Agroecológica



Referencias: UEc: Unidades Ecológicas; UAgpp: Unidades de Agriculturización del primer período; UAgsp: Unidades de Agriculturización del segundo período; UAEpp: Unidades Agroecológicas del primer período; UAEsp: Unidades Agroecológicas del segundo período; CS: Clasificación supervisada; en color rosa: datos antecedentes (inputs); en azul: procesos; en verde: resultados (outputs)

Elaboración propia

2.3. Estimación de indicadores de sustentabilidad

Persiguiendo la finalidad de valorar algunos de los impactos negativos de las transformaciones asociadas a la variación del proceso de agriculturización y su alteración en los períodos abordados, se eligieron y calcularon tres IdS para las campañas agroproductivas 1989/90, 2002/03 y 2014/15: RCP (Riesgo de contaminación por plaguicidas), RIH (Riesgo de intervención del hábitat) y BANyP (Balance aparente de nitrógeno y fósforo), adaptados del software AgroEcoIndex (Viglizzo, 2003).

2.3.1. Riesgo de contaminación por plaguicidas

El RCP es empleado para generar un índice relativo que permita valorar el riesgo de la utilización de distintos tipos de plaguicidas. Para ello, a partir de la información aportada por trabajos antecedentes y entrevistas semiestructuradas a informantes calificados (técnicos de INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) Benito Juárez, responsables de agronomías, productores y asesores), se logró determinar los principales insecticidas, herbicidas y fungicidas empleados en las campañas de interés, como así también sus dosis⁶ y superficies de aplicación. En este sentido, se destaca que al considerar que la inmensa mayoría de los productores del partido desarrolla la actividad bajo un modelo de intensa utilización de insumos químicos (con mínimas variaciones respecto a las dosis), la totalidad del área agrícola de cada UEc fue adoptada como superficie de aplicación.

Para concretar esta estimación, se multiplicó la toxicidad (dosis letal media) y la cantidad (dosis y superficie de aplicación) de cada uno de los productos utilizados (establecidas como dos de los factores de riesgo más importantes), por la sumatoria de otros factores relativos a su persistencia y movilidad (Viglizzo, 2003); considerando modificaciones efectuadas a partir de los datos disponibles⁷ y teniendo en cuenta diferentes valores específicos de cada sustancia. Estos factores (con excepción de la toxicidad y la cantidad) se relativizaron en una escala del 1 al 5 según se sugiere en la metodología. A su vez, el conjunto de factores considerados fue dividido por un número que permita obtener un valor entre 0 y 1, facilitando las comparaciones, tal como se aprecia en la fórmula (1):

$$RCP = \frac{\left(\frac{1000}{DL\ 50} \left[\frac{Ksp + R}{2} + Koc + T^{1/2} \right] \times C \times S \right)}{1000000000000} \quad (1)$$

Donde: RCP: Riesgo de contaminación por plaguicidas (adimensional), DL 50: dosis letal media de los principales plaguicidas utilizados que determina la toxicidad de los compuestos (mg kg⁻¹, al dividirlo por 1.000 las unidades pasan a ser t g⁻¹), Ksp: la solubilidad en agua de los principales plaguicidas utilizados (g g⁻¹), R: expresa la permeabilidad del suelo en las capas superficiales (4, correspondiente al valor establecido para la RPA), Koc: coeficientes de adsorción de los compuestos por la fase orgánica del suelo (g g⁻¹), T^{1/2}: vida media de los productos utilizados (días), C: expresa la cantidad de producto aplicada por unidad de superficie (l ha⁻¹) y S: superficie destinada a agricultura en cada UEc (en ha, alcanzada a partir de la superposición de las UEc con las CS).

2.3.2. Riesgo de intervención del hábitat

El RIH, calculado para las principales actividades productivas llevadas a cabo en el partido (agricultura y ganadería) y modificado para desarrollar el análisis temporal a escala regional, fue utilizado con el objetivo de evaluar algunas de las implicancias negativas de las modificaciones agroproductivas sobre el hábitat. Su estimación busca generar un índice relativo que valore el impacto negativo que ocasiona un proceso productivo sobre la biodiversidad del lugar en el que se desarrolla. Con relación a ello, se toma como punto de partida el supuesto de que el hombre efectúa intervenciones de diversa magnitud sobre el hábitat, afectando a la biodiversidad en una proporción equivalente (Viglizzo, 2003).

6 Se consideraron los productos que se repitieron hasta 25 veces en las entrevistas, mientras que las dosis de aplicación resultaron de un promedio de los valores obtenidos para cada producto.

7 Debido a que en la base de datos del software utilizado no se contaba con las características propias de la totalidad de los plaguicidas utilizados, imposibilitando el análisis, fue necesario recurrir a información externa.

Este indicador permite, mediante el uso de determinados coeficientes, establecer una comparación entre la vegetación actual y la potencial (aquella que se supone habría si el hombre no hubiese intervenido en el proceso sucesional). La medición de esta situación se realiza a través de puntos de impacto, donde las puntuaciones más elevadas son interpretadas como mayores efectos negativos sobre la flora nativa y la biodiversidad (Viglizzo, 2003).

Dentro de los coeficientes empleados para efectuar la comparación se encuentran:

- **Cantidad de especies:** una mayor cantidad puede traducirse como una más elevada capacidad del hábitat para alojar organismos. Así, la variación del primero de estos elementos equivale a una modificación (aumento o disminución) del segundo. Este es el coeficiente considerado como de mayor importancia relativa, y se asignan 10 puntos de impacto si se evidencia un cambio significativo (tanto pérdida como ganancia) en la cantidad de especies debido a la intervención humana y 0 puntos si no se presenta ninguna alteración.
- **Origen de las especies:** se parte del supuesto de que, al haber coexistido con la fauna endémica, la vegetación nativa posee mayor capacidad de servirle de hábitat que aquella de origen exótico. Por esto, se asignan 7,5 puntos de impacto si una proporción significativa de las especies presentes en la vegetación actual son introducidas a un determinado ecosistema.
- **Periodicidad:** este coeficiente se basa en el mismo supuesto que el anterior y está referido a la vegetación dominante. Si la vegetación potencial era perenne y es sustituida por especies anuales (aunque fueran nativas), se asignan 5 puntos de impacto. Lo mismo sucede en caso de producirse la situación inversa, es decir, si la vegetación potencial era mayoritariamente anual y es reemplazada por especies perennes.
- **Organización en estratos verticales:** un mayor número de estratos se relaciona directamente con una elevada disponibilidad de sitios para su utilización como hábitats naturales. De esta manera, una modificación en ese número determina un cambio en la capacidad de provisión de refugio y alimento de los ecosistemas. Cuando esto ocurre, se asignan 2,5 puntos de impacto.
- **Organización en sub-estratos verticales:** este coeficiente cuenta con un nivel de importancia relativa inferior al anterior, e incluye modificaciones en la cantidad de sub-estratos dentro de alguno (o algunos) de los estratos principales. Así, a modo de ejemplo, el reemplazo de varias especies de árboles (de alturas significativamente diferentes) por una sola especie con altura uniforme, otorga 1 punto de impacto (además de los correspondientes por la pérdida en cantidad de especies).

Para alcanzar el valor del RIH, en primer lugar, se establece una suma de los coeficientes obtenidos para cada una de las actividades y se divide este valor por 26 (para obtener un valor entre cero y uno). El mencionado procedimiento facilita la estimación del **Riesgo parcial de intervención del hábitat (RPIH)**, el cual queda expresado como demuestra la fórmula (2):

$$RPIH = \frac{Ce + Or + Pe + Oev + Osv}{26} \quad (2)$$

Donde: RPIH: Riesgo parcial de intervención del hábitat (adimensional), Ce: coeficiente relativo a la cantidad de especies, Or: coeficiente referido al origen, Pe: coeficiente de periodicidad, Oev: coeficiente de organización de estratos verticales, y Osv: coeficiente de sub-estratos verticales. Todos los factores que componen la fórmula son adimensionales.

Continuando, los valores adquiridos para cada una de las actividades (RPIH) son multiplicados por un coeficiente de ponderación que expresa la superficie ocupada por cada actividad en las diversas UEc⁸; obteniendo de esta forma el RIH de cada una de ellas. Así, la sumatoria de los valores conseguidos expresa el RIH total, como se observa en la fórmula (3):

$$RIH = \sum cpSupAc * RPIH \quad (3)$$

8 La superficie destinada a cada actividad surge de la superposición entre las UEc y las CS. Los valores correspondientes a la agricultura responden a la conjunción de los estadísticos de las clases de uso denominadas áreas cultivadas y áreas cultivables. Los referidos a la ganadería se corresponden a los estadísticos de la clase áreas con pastizales y pasturas.

Donde: RIH: Riesgo de intervención del hábitat (adimensional), cpSupAc: coeficiente de ponderación que indica la proporción de cada UEc ocupada por la actividad agrícola y ganadera (estimado a partir de la relación entre la superficie total y aquella destinada por actividad para cada UEc) y RPIH: Riesgo parcial de intervención del hábitat. Todos los factores que componen la fórmula son adimensionales.

2.3.3. Balance aparente de nitrógeno y fósforo

Debido a la dificultad de trabajar con balances de nutrientes, se buscó una simplificación metodológica, realizando un balance aparente (acotado), el cual no considera las transformaciones sucedidas dentro del sistema suelo-planta, ni las pérdidas gaseosas, por lavado o erosión (Ciampitti y García, 2008). Además, tampoco se contabilizaron los ingresos generados por el aporte de nutrientes de los residuos de cultivos efectuados en un mismo lote, ya que se considera un reciclaje dentro del mismo sistema suelo (Manchado, 2010).

Consecuentemente, como extracción de nutrientes se tuvo en cuenta solamente aquella ocasionada por la producción en t de granos; y en el caso de la reposición, se consideró la superficie sembrada en hectáreas (ha), la aplicación de fertilizantes efectuada en kilogramos por hectárea (kg. ha^{-1}), el ingreso de N por precipitaciones (kg) y la fijación de N (kg) llevada a cabo por el cultivo de soja. La información acerca de la producción, la superficie sembrada y la fertilización (dosis y porcentaje de superficie fertilizada) se encuentra referida a los cinco cultivos agrícolas más relevantes presentes en el partido (soja, cebada cervecera, trigo, maíz y girasol).

Con relación a ello, en gran cantidad de regiones, la fertilización química constituye la vía de mayor importancia en relación a la reposición de los nutrientes extraídos. Por lo tanto, efectuar una estimación del balance que incluya como entrada únicamente la aplicación de fertilizantes, y como única salida los productos de cosecha (en áreas donde el resto de las salidas son relativamente escasas), resulta ser un correcto indicador de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas (Roy, Misra, Lesschen y Smaling, 2003).

Los datos sobre los principales fertilizantes empleados, sus dosis de aplicación y el porcentaje de superficie fertilizada de cada cultivo por campaña, surgieron del análisis de entrevistas semiestructuradas efectuadas a informantes calificados, y la cantidad de N y P aportados por cada fertilizante se extrajo de Viglizzo (2003) y bases de datos de INTA.

Para el conjunto de información concerniente a los cultivos, tal es el caso de la superficie sembrada y producción, y para los datos acerca de los valores medios de precipitación, se acudió al sistema DAA (Datos Abiertos Agroindustria) del Ministerio de Agricultura de la Nación y a bases de datos de la agencia INTA Benito Juárez.

Al momento de llevar a cabo la estimación del balance, inicialmente, se desarrolló un análisis acerca del ingreso y egreso de N a partir de las siguientes fórmulas (4) y (5):

$$IN = I_p + I_f + I_{fb} \quad (4)$$

Donde: IN: Ingreso de N; I_p : Ingreso de N a partir de precipitaciones ($0,6 \text{ kg N. } 100 \text{ mm lluvia}^{-1}$); I_f : Ingreso de N a partir de la aplicación de fertilizantes; I_{fb} : Ingreso de N por fijación biológica de leguminosas. En este caso se toma el valor asociado a la Soja, la cual fija aproximadamente $0,05 \text{ kg N. kg grano}^{-1}$.

$$EN = N_{exp.} \quad (5)$$

Donde: EN: Egreso de N; $N_{exp.}$: Estimación del N exportado con el producto (en granos) que sale de los establecimientos.

Seguidamente, se prosiguió a concretar un segundo análisis, orientado a la observación del ingreso y egreso de P. Para ello, se utilizaron las fórmulas detalladas a continuación (6) y (7):

$$IP = I_f \quad (6)$$

Donde: IP: Ingreso de P; I_f : Ingreso de P a partir de la aplicación de fertilizantes.

$$EP = P_{exp.} \quad (7)$$

Donde: EP: Egreso de P; $P_{exp.}$: Estimación del P exportado con el producto (en granos) que sale de los establecimientos.

Por último, una vez que se contó con los valores de ingreso y egreso de ambos elementos en evaluación, fue posible determinar los balances propiamente dichos para cada campaña analizada, mediante las fórmulas (8) y (9):

$$\text{Balance de N} = (\text{IN} - \text{EN}) \quad (8)$$

$$\text{Balance de P} = (\text{IP} - \text{EP}) \quad (9)$$

Una vez obtenidos los resultados de ambos balances, se estableció un valor de referencia en cuanto a la cantidad de t de nutrientes perdidas por ha, teniendo en consideración la superficie total destinada a la agricultura en el partido⁹ (adquirida a partir de las CS). Para esto, se calculó el cociente entre el valor alcanzado para el balance de cada nutriente y la superficie agrícola existente en cada campaña. A partir de ello, fue posible alcanzar un valor estimativo acerca de la pérdida de N y P, expresada en t de nutrientes por superficie (t ha⁻¹). Luego, asumiendo que la proporción ocupada por cada cultivo a nivel de partido se conserva al interior de las UEc y, por lo tanto, los valores obtenidos para el partido se pueden extrapolar a cada unidad, se calculó el BANYP para cada una de ellas. Así, se llevó a cabo el cociente entre las t perdidas por unidad de superficie (ha) y la superficie agrícola de cada UEc (alcanzada a partir de la superposición de las UEc con las CS).

Finalmente cabe destacar que, en un inicio, el conjunto de los indicadores debió ser calculado para cada UEc. Lo mencionado se encuentra sustentado en los límites que definen las UEc coinciden con los de las UAE, configurando una base apropiada sobre la que efectuar los cálculos. De este modo, ya que estas últimas se definen por períodos, los resultados de los IdS para cada una surgen de la integración de los valores obtenidos para cada campaña. Entonces, las estimaciones para las UAEpp se efectuaron a partir de los datos obtenidos para las UEc en el período comprendido entre las campañas 1989/90 y 2002/03; mientras que aquellas correspondientes a las UAEsp, surgieron de los resultados alcanzados para las UEc entre las campañas 2002/03 y 2014/15.

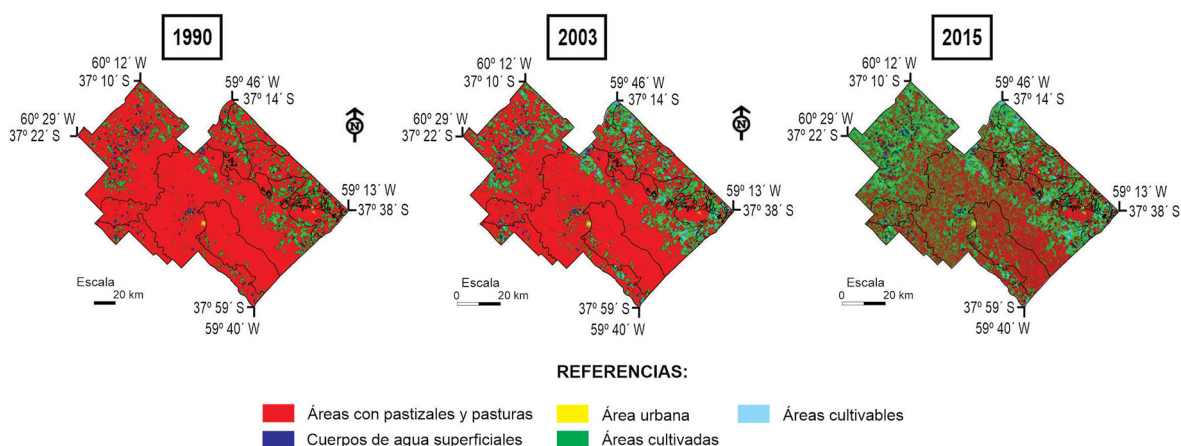
3. Resultados

3.1. Zonificación agroecológica

3.1.1. Unidades de agriculturización

En primera instancia, a partir de la superposición del mapa de UEc (Sequeira *et al.*, 2019) y las tres CS (Sequeira *et al.*, 2018; Figura 4), se obtuvo la superficie agrícola de cada UEc en cada año (Tabla 1) y los porcentajes de incremento de la actividad agrícola por UEc para ambos períodos analizados (Tabla 2).

Figura 4. Clasificaciones supervisadas del partido de Benito Juárez correspondientes a las tres campañas evaluadas



Fuente: Sequeira *et al.* (2018). Elaboración propia

9 Esto es posible, debido a que los cultivos analizados representan la mayor parte de la superficie destinada a la actividad.

Tabla 1. Superficie agrícola de cada UEc por año

USO AGRÍCOLA (km ²)	AÑO	UEc1	UEc2	UEc3	UEc4	UEc5	TOTAL
	1990	13,70	120,18	228,11	52,06	205,78	619,83
	2003	24,48	234,24	478,04	72,01	500,57	1.309,34
	2015	30,38	422,33	1.138,40	182,85	1.169,20	2.943,16

Elaboración propia

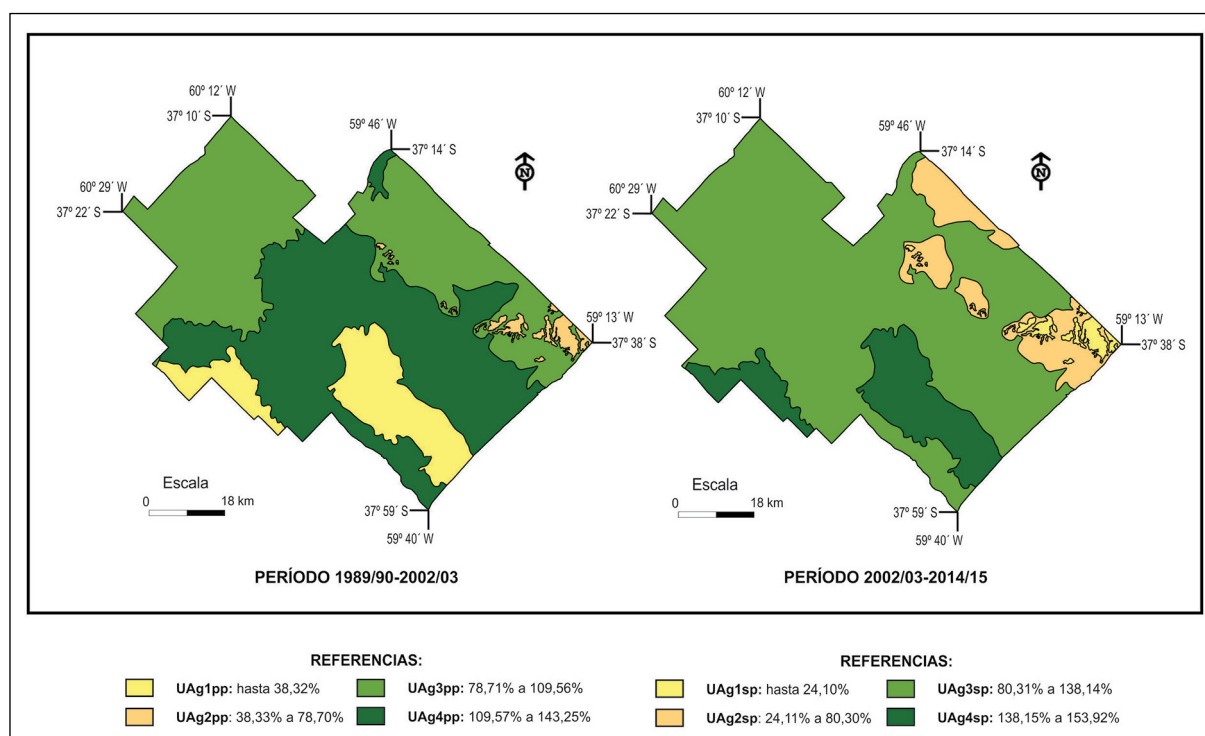
Tabla 2. Porcentaje de incremento de la superficie agrícola

PERÍODO	UEc1	UEc2	UEc3	UEc4	UEc5	TOTAL
	Incremento de la superficie de Áreas agrícolas (%)					
1990-2003	78,69	94,91	109,57	38,32	143,25	111,24
2003-2015	24,10	80,30	138,14	153,92	133,60	124,78

Elaboración propia

A continuación, se definieron cuatro UAgpp y cuatro UAgsp, con niveles de agriculturización baja, media, alta y muy alta (Figura 5). En relación a ello, es posible establecer la existencia de una clara diferenciación en cuanto a los porcentajes de incremento de la agricultura en las UAg de cada período, y de las UEc que conforman cada una de ellas.

Figura 5. Unidades de agriculturización del partido de Benito Juárez



Referencias: UAgpp: Unidad de Agriculturización del primer período; UAgsp: Unidad de Agriculturización del segundo período

Elaboración propia

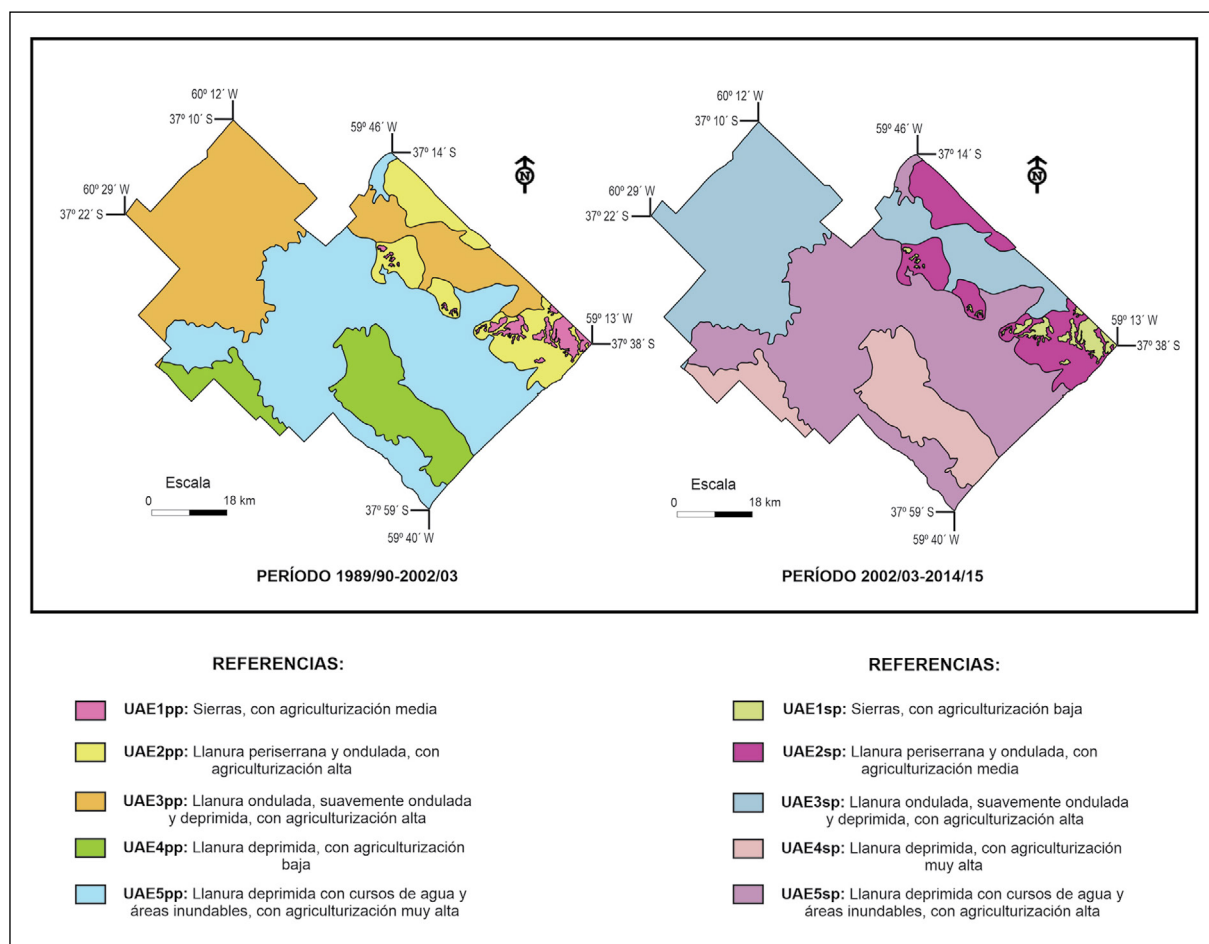
Para el período 1989/90-2002/03, los intervalos de agriculturización quedaron conformados de la siguiente manera: hasta 38,32% (baja), desde 38,33% hasta 78,70% (media), desde 78,71% hasta 109,56%

(alta) y desde 109,57% hasta 143,25% (muy alta). Respecto a su distribución dentro del área de estudio, la agriculturización baja se da sobre la UEc4 (Llanura deprimida), la media en la UEc1 (Sierras), la alta en las UEc2 (Llanura periserrana y ondulada) y UEc3 (Llanura ondulada, suavemente ondulada y deprimida), y la muy alta sobre la UEc5 (Llanura deprimida con cursos de agua y áreas inundables). Por su parte, para el período 2002/03-2014/15, los intervalos obtenidos resultaron representados mediante los siguientes valores: hasta 24,10% (baja), desde 24,11% hasta 80,30% (media), desde 80,31% hasta 138,14% (alta) y desde 138,15% hasta 153,92% (muy alta). En relación a la distribución, se produce una clara variación, mostrando una agriculturización baja en la UEc1, media sobre la UEc2, alta sobre las UEc3 y UEc5, y muy alta en la UEc4.

3.1.2. Unidades agroecológicas

Una vez concretada la integración entre las UEc y las UAg quedaron establecidas cinco UAE para el primer período (UAEpp) y cinco para el segundo (UAEsp), las cuales demostraron diversos niveles de avance en relación a la superficie agrícola (Figura 6).

Figura 6. Unidades Agroecológicas para los períodos 1989/90-2002/03 y 2002/03-2014/15



Referencias: UAEpp: Unidad Agroecológica del primer período; UAEsp: Unidad Agroecológica del segundo período

Elaboración propia

Luego de analizados los resultados es posible observar que, en el período 1989/90-2002/03, el menor avance del área destinada a la actividad agrícola se evidenció en la UAE4pp (conformada por la UEc4), y el mayor incremento ocurrió sobre la UAE5pp (constituida por la UEc5).

Para el segundo período, la variación de menor importancia fue en la UAE1sp (compuesta por la UEc1); mientras que la UAE4sp (conformada por la UEc4), representó el mayor avance.

3.2. Estimación de indicadores de sustentabilidad

3.2.1. Riesgo de contaminación por plaguicidas

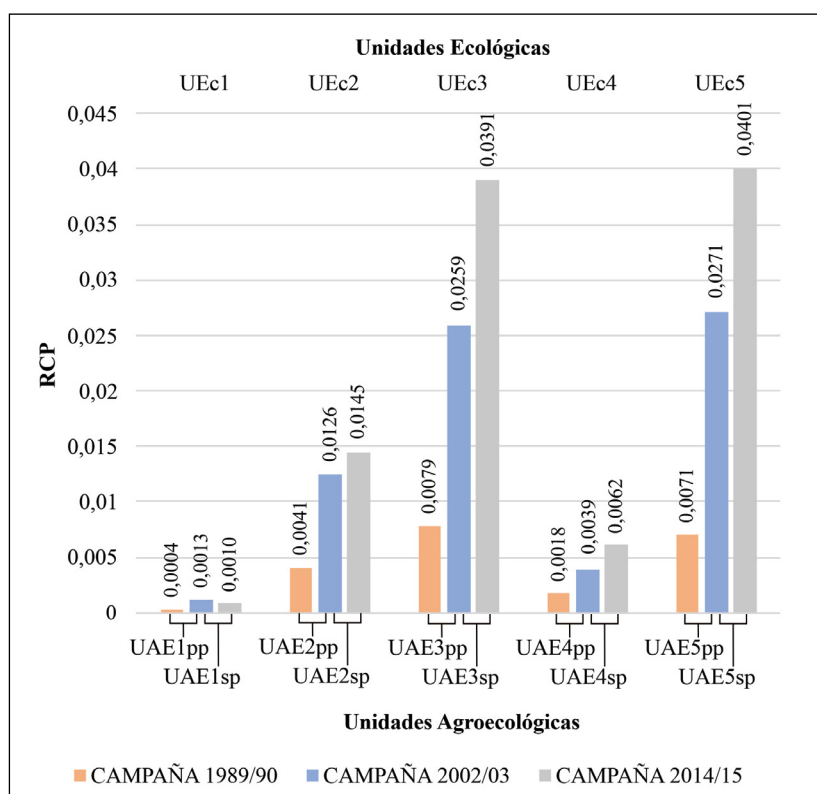
A partir de los datos brindados por los informantes calificados, fue posible establecer que en el partido no se utilizaron los mismos plaguicidas en las diversas campañas¹⁰. Asimismo, se determinó que las dosis de aplicación presentaron variaciones, mostrando un crecimiento de alrededor del 45% en el primer período, y una reducción de algo más del 1% en el segundo.

Una vez realizados los cálculos correspondientes, se muestran en la Figura 7 los valores alcanzados para el RCP a nivel de UEc y UAE.

En primer lugar, se plantea que el RCP demostró un claro aumento en la mayoría de las distintas UEc a través de las diversas campañas. En la primera, el valor más elevado (0,0079) se halló en la UEc3; mientras que, en la segunda y tercera, los valores más altos (0,0271 y 0,0401 respectivamente) se ubicaron en la UEc5.

Con relación a las UAE, fue posible observar que en el primer período (1989/90-2002/03), la transformación más importante del indicador se produjo en la UAE5pp, alcanzando un incremento del 281,69%. Por otra parte, la menos afectada fue la UAE4pp, con un aumento del 116,67%. Para el segundo período (2002/03-2014/15), el mayor incremento (58,97%) se evidenció en la UAE4sp. Sumado a ello, cabe mencionar que la unidad menormente afectada fue la UAE1sp, que demostró una disminución del indicador del 23,08%.

Figura 7. RCP por unidades y su variación temporal



Referencias: RCP: Riesgo de contaminación por plaguicidas (adimensional); UEc: Unidad Ecológica; UAEpp: Unidad Agroecológica del primer período; UAEsp: Unidad Agroecológica del segundo período

Elaboración propia

10 *Campaña 1989/90*: Herbicidas: Picloram, 2-4 D Sal Amina, Dicamba, Atrazina y Acetoclor. Insecticidas: Cipermetrina, Deltametrina, Dimetoato, Endosulfán, Metamidofos y DDT. Fungicidas: Propiconazole y Tebuconazole. *Campaña 2002/03*: Herbicidas: Glifosato, 2-4 D Sal Amina, Dicamba y Paraquat. Insecticidas: Cipermetrina, Deltametrina, Dimetoato, Malatión y Metamidofos. Fungicidas: Benomil, Tiabendazol y Tebuconazole. *Campaña 2014/15*: Herbicidas: Glifosato, 2-4 D Sal Amina, Dicamba, Metsulfuron y Paraquat. Insecticidas: Cipermetrina, Deltametrina, Clorpirifós, Lufenurón, Lambdacialotrina y Metamidofos. Fungicidas: Azoxistrobina y Tebuconazole.

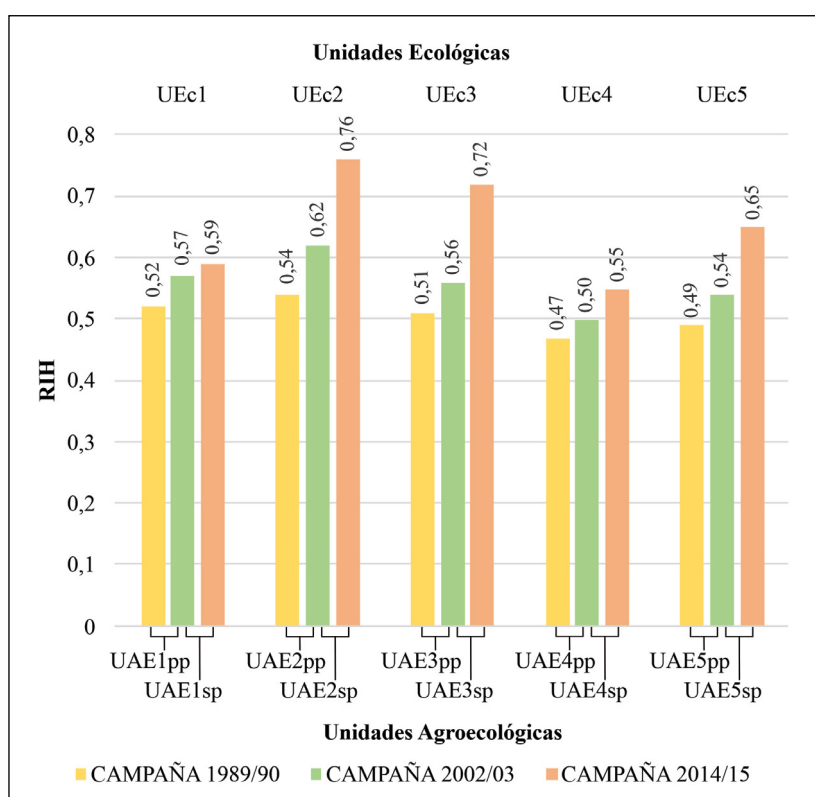
3.2.2. Riesgo de intervención del hábitat

Teniendo en cuenta las principales actividades del partido, la agricultura demostró una profundización en la intervención del hábitat a lo largo de las diferentes campañas, mientras que la ganadería evidenció un impacto cada vez menor.

En este caso, la información adquirida exhibe que, en las tres campañas evaluadas, el indicador manifestó un incremento en todas las UEc. Así, tanto para 1989/90, 2002/03 y 2014/15, el impacto más elevado resulta evidenciado en la UEc2, con valores de 0,54, 0,62 y 0,76 respectivamente.

Por su parte, para el período 1989/90-2002/03, el cambio de mayor notoriedad respecto a las UAE se registró en la UAE2pp, con un aumento del 14,81%; mientras que la menor transformación se manifestó en la UAE4pp, que demostró un crecimiento del 6,38%. En cuanto al período 2002/03-2014/15, el mayor aumento del indicador ocurrió en la UAE3sp (28,57%); y el de menor relevancia, en la UAE1sp (3,51%). A continuación, en la Figura 8, se plantean los valores alcanzados para el RIH total a nivel de UEc y UAE.

Figura 8. RIH por unidades y su variación temporal



Referencias: RIH: Riesgo de intervención del hábitat (adimensional); UEc: Unidad Ecológica; UAEpp: Unidad Agroecológica del primer período; UAEsp: Unidad Agroecológica del segundo período

Elaboración propia

3.2.3. Balance aparente de nitrógeno y fósforo

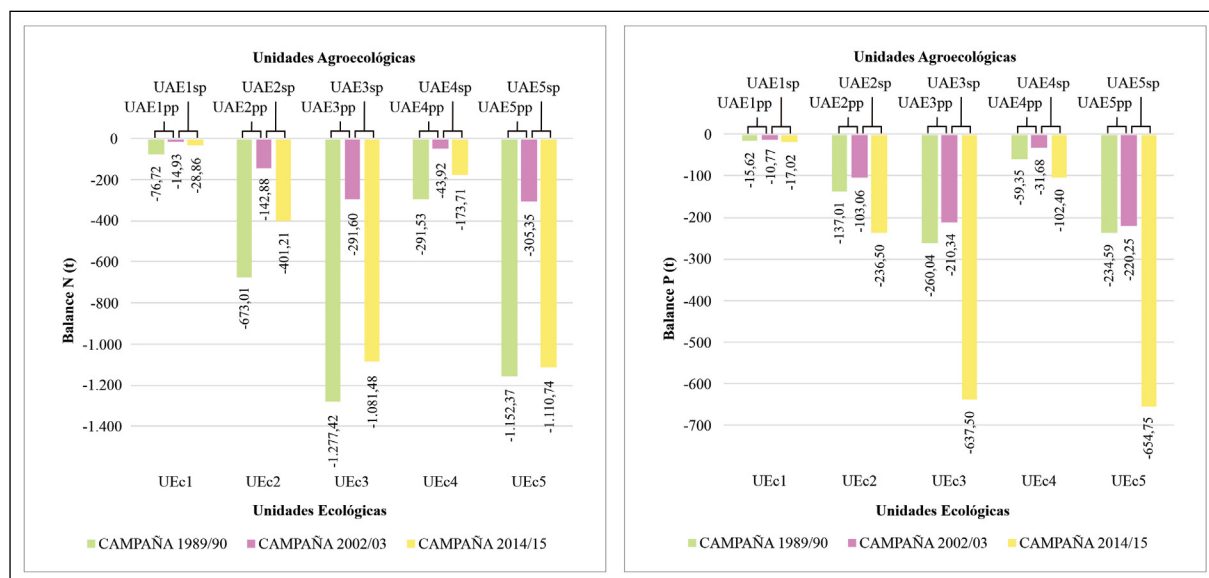
Considerando las diferentes fuentes de datos consultadas, se definió que los fertilizantes mayormente empleados en el área de estudio fueron el Fosfato Monoamónico, Fosfato Diamónico y la Urea. En este aspecto, se remarca que no se fertilizó la totalidad de las tierras agrícolas, sino que el porcentaje de fertilización varió de acuerdo a cada cultivo, mostrando un crecimiento sostenido entre las tres campañas. Además, fue posible evidenciar una modificación en el promedio de la dosis aplicada para cada producto, manifestando un aumento del 464% en 1989/90-2002/03, y un decrecimiento del 30% en 2002/03-2014/15.

Por otra parte, se estableció que los valores correspondientes al rendimiento alcanzado por los diversos cultivos exhibieron un continuo crecimiento a lo largo de las tres campañas, traduciéndose esto en una mayor extracción de nutrientes por unidad de superficie.

En lo referente a este indicador, tanto el balance de N como el de P revelaron resultados negativos en todas las UEc para las tres campañas analizadas. En la primera, la UEc3 resultó ser la más afectada, con un balance de N igual a -1.277,42 t y un déficit de P de -260,04 t. Para la segunda, los valores más importantes se manifestaron en la UEc5, con pérdidas de 305,35 t de N y 220,25 t de P. Por último, el escenario se repitió nuevamente para la tercera campaña; donde la UEc5 demostró pérdidas de N y P que rondaron las 1.110,74 y 654,75 t, respectivamente.

Por otro lado, los valores adquiridos para las UAEpp y UAEsp también demostraron variaciones. En el período 1989/90-2002/03, fue posible notar una disminución en las t perdidas de ambos nutrientes para la totalidad de las unidades. Tanto para el N como para el P, la transformación más notable se produjo en la UAE4pp, con depreciaciones en las t perdidas que alcanzaron un 84,93 y 46,62%, respectivamente. Para el 2002/03-2014/15, de manera inversa a lo descrito respecto al período anterior, se observó que en todas las unidades existió un incremento en la pérdida de t para los dos nutrientes. De nuevo, tanto para el N como para el P, la modificación de mayor notoriedad se dio en la UAE4pp, con aumentos en las t perdidas que alcanzaron un 295,51 y 223,23%, respectivamente. A continuación, en la Figura 9, se exhiben los valores relacionados a los balances aparentes de N y P a nivel de UEc y UAE.

Figura 9. Balance aparente de N y P por unidades y su variación temporal



Referencias: Balance N: balance de nitrógeno; Balance P: balance de fósforo; UEc: Unidad Ecológica; UAEpp: Unidad Agroecológica del primer período; UAEsp: Unidad Agroecológica del segundo período

Elaboración propia

4. Discusión de resultados

4.1. Zonificación agroecológica

En principio, es de destacar que el partido forma parte de un fenómeno que se registra en la Argentina, así como en otras regiones productivas del mundo, desde hace varias décadas: la creciente preponderancia de la agricultura en la matriz productiva extensiva (Paruelo, Guerschman y Verón, 2005). El proceso de agriculturización no se manifiesta de manera homogénea dentro del área de estudio, sino que se presentan variaciones con respecto a las unidades mayormente afectadas en ambos períodos. Así, el nivel de avance del proceso demuestra diferencias de acuerdo a, principalmente, las características propias de los sectores analizados, tal como pudieron comprobar Andrade (2010) para la RPArg en general, González y Román (2009) en Santiago del Estero, Auer, Maceira y Mikkelsen (2019) para el sudeste bonaerense, Zelaya, Van Vliet y Verburg (2016) para la cuenca de Mar Chiquita y Vazquez *et al.* (2013) para la cuenca del Río Quequén Grande. En este último trabajo, donde también se efectuó una ZAE, se llegó a la conclusión de que al igual que lo observado en Benito Juárez, la cuenca demuestra un notable y continuo crecimiento del área agrícola en zonas que no presentan los requerimientos necesarios; e incluso, hacia zonas con importantes limitaciones para el desarrollo de la actividad.

Para el período 1989/90-2002/03, el menor avance de la agriculturización fue observado en la UAE4pp (Llanura deprimida con agriculturización baja), conformada por la UEc4, mientras que el mayor incremento ocurre sobre la UAE5pp (Llanura deprimida con cursos de agua y áreas inundables, con agriculturización muy alta), constituida por la UEc5. Esta unidad representa la mayor proporción del área de estudio (Sequeira *et al.*, 2019) y muestra una realidad compleja en la que se destaca la sustitución de la ganadería extensiva tradicional por cultivos de ciclo anual (en particular el de soja); tal como sucede en las zonas bajas de la RPArg (Behrends Kraemer, Chagas, Marré, Palacín y Santanatoglia, 2013), expuestas a procesos de erosión hídrica, hidromorfismo y/o alcalinidad edáfica subsuperficial. Además, se trata de una zona en donde los excesos hídricos y la generación de áreas anegadas se traducen en degradación de suelos, disminución de la productividad, mayores costos, menor calidad del producto e imposibilidad de continuar con la actividad, entre otros problemas (Montico, Bonel y Rosenstein, 2008).

Por otro lado, en el período 2002/03-2014/15, los resultados manifiestan considerables contrastes. Así, la UAE1sp (Sierras con agriculturización baja), representada por la UEc1, demuestra el menor avance; al mismo tiempo que la UAE4sp (Llanura deprimida con agriculturización muy alta), conformada por la UEc4, refiere el nivel de afectación más elevado. Debido a ello, es de esperar que la situación evidenciada respecto a la agriculturización, derive en impactos ambientales negativos, tal como sucede en la UEc5. En este caso, el escenario descrito vuelve a poseer una gran significancia, ya que la UAE4sp ocupa el tercer lugar en cuanto a superficie dentro del partido. Además, es necesario resaltar que presenta ciertas limitantes de importancia para el desarrollo de la actividad agrícola; entre las que es posible destacar un drenaje deficiente, profundidad somera y alcalinidad, por lo que es de esperar que la comprobada situación respecto a su crecimiento devenga en importantes impactos ambientales negativos.

En cuanto a las posibles causas que hicieron factible la transformación observada en ambos períodos, puede mencionarse, en primer lugar, la mayor rentabilidad de esta actividad por sobre la ganadería. Asimismo, se destaca la variación en los valores de precipitación ocurridos, en conjunto con la presencia de períodos de sequía y la consecuente disminución de los cuerpos de aguas superficiales, lo que facilitó el desarrollo de agricultura en superficies antes ocupadas por agua (Sequeira *et al.*, 2018). Ante este marco, muchos productores comenzaron a expandir sus tierras agrícolas hacia zonas antes inaccesibles en busca de mejores ganancias; asumiendo, al mismo tiempo, una mayor potencialidad de conflictos. De esta forma, queda de manifiesto un crecimiento agrícola caracterizado por el aumento de los riesgos económicos debido a una alta dependencia a las condiciones meteorológicas.

4.2. Estimación de indicadores de sustentabilidad

4.2.1. Riesgo de contaminación por plaguicidas

Según Ronco (2015), el incremento en la utilización de plaguicidas en la Argentina fue de hasta el 900% en las últimas décadas. Más específicamente, a nivel de la RPArg, el crecimiento fue de alrededor de un 150% entre 1998 y 2012 (Aranguren y Martínez, 2015).

Respecto a lo observado en Benito Juárez, los valores alcanzados para el RCP no hacen otra cosa más que ratificar el escenario planteado en lo referente al aumento de la utilización de este tipo de productos, como consecuencia de la agriculturización ocurrida a escala global. Los resultados hallados se asemejan a lo evidenciado en diversos partidos y áreas en diferentes investigaciones que aplicaron la misma metodología abordada en este trabajo. En la cuenca del Río Quequén Grande el RCP mostró un aumento del 120% entre 1988 y 1998, lo cual volvió a repetirse en el período 1998-2008, con un acrecentamiento del 903,63% (Vazquez, Zulaica y Sacido, 2014); y, en el caso del partido de Tres Arroyos, el RCP demostró un aumento del 155% entre 2002 y 2015 (Vazquez, Ruiz Gonzales, Zulaica, Sequeira y Daga, 2019). Además, según Viglizzo *et al.* (2011), si bien entre 2001 y 2005 la toxicidad de los productos empleados a nivel de Argentina disminuyó; el RCP ascendió, como consecuencia de la expansión de la agricultura.

Respecto al área de estudio, se advierte un crecimiento en todas las UAEpp, verificándose la mayor transformación en la UAE5pp (281,69%) y la menor en la UAE4pp (116,67%). En lo referente a las UAEsp, es plausible exponer una situación de similares características en la mayor parte de los casos, resultando la UAE4sp (58,97%) la más afectada. Sin embargo, se diferencia lo sucedido con la UAE1sp, ya que manifiesta una disminución del indicador.

Acerca de las explicaciones de estos incrementos, se plantean diversas causas. Para el primer período, cobra relevancia el aumento de las áreas destinadas a agricultura (111,24%), un acrecentamiento en

las dosis de plaguicidas utilizadas; y, por último, el empleo de productos que revisten cada vez mayor peligrosidad (p. ej. paraquat). Por otro lado, para el segundo período, los factores más influyentes son nuevamente el incremento de la superficie agrícola (124,78%), en relación directa al avance del doble cultivo y la siembra directa, y el empleo de productos de mayor peligrosidad (p. ej. clorpirifós). Si bien entre ambos períodos las dosis de aplicación se ven reducidas, los dos factores mencionados anteriormente compensarían esta situación y, por ende, el valor obtenido para el RCP vuelve a elevarse. Con relación a la depreciación del 23,08% del indicador observada en la UAE1sp, la explicación reside en que además de la citada disminución en las aplicaciones, se trata de la UAEsp en donde se concreta el menor avance de la superficie consignada a la actividad agrícola.

4.2.2. Riesgo de intervención del hábitat

De igual forma, los resultados adquiridos para el RIH muestran notables modificaciones, evidenciando un crecimiento del indicador en la totalidad de las UAE de ambos períodos. Para 1989/90-2002/03, el aumento más destacado se presenta sobre la UAE2pp (14,81%) y el de menor intensidad en la UAE4pp (6,38%). Por su parte, en 2002/03-2014/15 se destacan la UAE3sp con el mayor incremento (28,57%), y la UAE1sp como la menos afectada (3,51%).

Aunque es posible apreciar también una correlación entre los valores alcanzados por el RIH y el nivel de avance de la superficie agrícola, los resultados obtenidos se explican por el riesgo intrínseco que representa la actividad y por el aumento de la proporción que esta ocupa en relación al total de cada unidad; implicando una progresiva intervención del hábitat por parte de la agricultura a lo largo de las campañas analizadas. De esta manera, los porcentajes de incremento del RIH más elevados no se manifiestan en aquellas UAE con agriculturización muy alta; sino que, tanto para 1989/90-2002/03 como 2002/03-2014/15, el aumento de mayor dimensión se presenta en aquellas donde se produjo un mayor crecimiento de la proporción de superficie destinada a agricultura respecto al área total de la UAE. Asimismo, las UAE menormente afectadas se corresponden a aquellas con agriculturización baja.

En este sentido, los valores alcanzados concuerdan con los observados por Vazquez *et al.* (2014) en la cuenca del Río Quequén Grande, donde el indicador RIH expresó un crecimiento del 6,34% entre 1988-1998 y del 4,42% entre 1998-2008; como así también con los obtenidos por Vazquez, Zulaica y Benavidez (2017), quienes demostraron un crecimiento del 7,04% del indicador en el partido de Necochea, entre los años 2003 y 2011. De igual modo, también es posible afirmar una similitud con el trabajo de Salvador (2010), quién llegó a la conclusión de que como consecuencia del avance del proceso de agriculturización en las diversas ecorregiones de Argentina, el ecosistema de las pampas ha experimentado el mayor crecimiento del RIH, aumentando casi en un 80% durante el período 1956/60-2001/05.

4.2.3. Balance aparente de nitrógeno y fósforo

En la RPArg se verifica un constante empobrecimiento de los suelos atribuido, en parte, a la progresiva expansión de las oleaginosas (sobre todo soja) y a la existencia de una elevada extracción de nutrientes que no son repuestos (Beltran *et al.*, 2016; Díaz de Astarloa y Pengue, 2018). Estas acciones se comprueban también en el partido, lo cual pone en evidencia la situación de degradación en la que se encontraría el recurso suelo. Al igual que lo ocurrido con los IdS anteriores, los resultados obtenidos con relación al BANyP mostraron variaciones, verificándose saldos negativos en la totalidad de las UAE para los dos períodos. En 1989/90-2002/03, respecto a ambos nutrientes, el cambio más notable se establece en la UAE4pp, con depreciaciones en las t pérdidas que alcanzaron un 84,93% en el caso del N y un 46,62% para el P. De esta manera, el mayor decrecimiento en la pérdida de nutrientes ocurre en la UAE con el nivel de agriculturización más bajo del período. Por otro lado, la menor reducción en la merma de estos elementos se da en la UAE5pp, la cual se corresponde al área con el avance de superficie agrícola de mayor dimensión.

En cuanto a 2002/03-2014/15, la modificación más destacada en relación al N y P se produce en la UAE4sp; con crecimientos en las t pérdidas que rondaron un 295,51 y 223,23%, respectivamente. En este caso, el incremento más notorio en la disminución de nutrientes se presenta sobre la UAE con mayor nivel de agriculturización del período; mientras que el menor aumento de la pérdida ocurre en la UAE1sp, siendo esta la que representa el avance agrícola de menor impacto.

Considerando la situación descripta se observa que, si bien los resultados logrados para los balances permanecen siendo negativos, en el primer período existe una disminución en la pérdida establecida para ambos nutrientes; y, por el contrario, en el segundo período vuelve a registrarse un incremento en los valores de pérdida de N y P. El porqué de este escenario se encuentra asociado a varias circunstancias. Inicialmente, se vuelven importantes no solo las modificaciones con relación a la superficie agrícola, sino también los valores de rendimientos y producción alcanzados para los diversos cultivos. Así, aunque en el primer período la superficie fertilizada, las dosis de aplicación y los valores de reposición manifiestan un aumento, también lo hacen los rendimientos de los cultivos y la superficie agrícola; por lo que, consecuentemente, se genera una mayor extracción de N y P contenidos en los granos, ocasionando esto balances que permanecen siendo deficitarios.

De la misma forma, para el segundo período la situación reviste aún mayor complejidad. Si bien vuelve a manifestarse un incremento en el área fertilizada, también crecen la superficie agrícola y el rendimiento de los cultivos. Esto, en sumatoria con una disminución en las dosis aplicadas y en los valores de reposición, deriva en balances que nuevamente resultan afectados negativamente; coincidiendo lo planteado con la tendencia observada históricamente por autores que analizaron esta situación dentro de la RPArg (Manchado, 2010), y afirman que la mayoría de los estudios sobre balances continúan demostrando resultados negativos (Abbona, Presutti, Vázquez y Sarandón, 2016), por lo que las reservas disponibles disminuyen, afectando la sustentabilidad de los sistemas productivos (Flores y Sarandón, 2002).

5. Conclusiones

En primer lugar, se destaca que si bien el partido de Benito Juárez conforma un claro ejemplo del avance de la agricultura en la RPArg, son muy escasos los estudios que han evaluado este proceso y sus posibles consecuencias ambientales negativas; por lo que este trabajo conforma una fuente de información de gran relevancia acerca de la mencionada temática.

El avance de la agriculturización dentro del partido expone diferencias conforme a, principalmente, las características ecológicas de cada uno de los sectores en estudio. Mediante la superposición de las UEc y las UAg es posible establecer cinco UAEpp y cinco UAEsp, las cuales demuestran discordancias en relación a sus características particulares y a los diversos niveles de avance de la superficie agrícola; permitiendo así identificar las tendencias del proceso de agriculturización dentro del área de estudio en ambos períodos evaluados.

Como resultado de este análisis, se vuelve factible concluir que la ZAE efectuada se convierte en una valiosa herramienta al momento de establecer una relación entre cómo ocurre la expansión del incremento de la superficie destinada a la actividad agrícola y las características ecológicas propias de cada área del partido; estableciendo que el crecimiento de este proceso no se produce con igual intensidad en todas las UAE, y que aquellas mayormente afectadas en ambos períodos se encuentran conformadas por áreas que revelan importantes limitaciones para el desarrollo de este tipo de actividad.

Los IdS utilizados se presentan como un instrumento de gran importancia al intentar dimensionar las consecuencias ambientales negativas del aumento del proceso de agriculturización. En este sentido, para ambos períodos en análisis, demuestran una evidente transformación; a partir de lo cual resulta viable verificar los impactos ambientales negativos del avance del mencionado proceso en el partido, destacándose relevantes aumentos del riesgo ocasionado por la utilización de plaguicidas, una elevada intervención sobre el hábitat y una notable pérdida de valiosos nutrientes.

Por consiguiente, ambas herramientas en conjunto exhiben una notable capacidad para permitir comprender cómo se produce el avance del proceso de agriculturización y cómo varían los potenciales impactos ambientales negativos asociados a este escenario; al mismo tiempo que demuestran que pueden ser recreadas en otras áreas de interés en donde se cuente con los datos necesarios.

Se remarca que los impactos ambientales negativos aquí mencionados dan a conocer un escenario que exige el replanteamiento del actual uso que se hace de los ecosistemas y su biodiversidad para satisfacer las necesidades humanas, y las consecuencias indeseadas que esto generó, genera, y podría continuar generando. En este sentido, se plantea como futura línea de trabajo volver a llevar a cabo los cálculos para fechas más actuales y continuar observando así la tendencia alcanzada por la afectación del proceso de agriculturización sobre las diversas áreas que conforman al partido.

Finalmente, se determina que las distintas acciones tendientes a modificar la realidad observada deben ser abordadas a través de estrategias que no se enfoquen únicamente desde una visión económica; sino que incorporen una perspectiva que pretenda alcanzar la sustentabilidad de los sistemas productivos del partido, principalmente a través de un mayor control sobre el desarrollo de la actividad agrícola y sus efectos en el corto, mediano y largo plazo, con la finalidad de efectuar una correcta planificación y alcanzar un futuro ordenamiento territorial que considere la heterogeneidad del área evaluada.

Referencias

- Abbona, E. A., Presutti, M., Vázquez, M., & Sarandón, S. J. (2016). Los sistemas de producción de carne y leche bovina en la Provincia de Buenos Aires ¿conservan los nutrientes del suelo? *Revista de la Facultad de Agronomía*, 115(2), 251-263. Recuperado de <http://revista.agro.unlp.edu.ar/index.php/revagro/article/viewFile/744/504>
- Allan, D. L., Adriano, D. C., Bezdicek, D. F., Cline, R. G., Coleman, D. C., Doran, J. W., ... & Karlen, D. L. (1995). *SSSA statement on soil quality*. Madison, Wisconsin: USA.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2000). Bases agroecológicas para una agricultura sustentable. En M. Altieri y C. Nicholls (Eds.), *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable* (pp. 13-44). Recuperado de <http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2%5B1%5D.pdf>
- Andrade, J. F. (2010). *Intensificación de los sistemas de producción de granos en la región pampeana: productividad y uso de recursos* (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Anschau, R. A., Flores Marco, N., Carballo, S. M., & Hilbert, J. (2009). Evaluación del potencial de producción de biocombustibles en Argentina, con criterios de sustentabilidad social, ecológica y económica, y gestión ordenada del territorio. El caso de la caña de azúcar y el bioetanol. *En Libro de Actas del XII Encuentro de Geógrafos de América Latina*. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-egal_caa.pdf
- Aranguren, C. I., & Martínez, L. E., (2015). Espacios periurbanos en la región pampeana: una aproximación al análisis de los conflictos socio-ambientales y las políticas públicas. Conferencia llevada a cabo en las *IX Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*. Buenos Aires, Argentina.
- Auer, A., Maceira, N., & Mikkelsen, C. (2019). El proceso de agriculturización en territorios con diferente matriz ecológico-productiva. El caso de la cuenca Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, (72), 27-53. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022019000100027>
- Baldi, G., Guershman, J. P., & Paruelo, J. M. (2006). Characterizing fragmentation in temperate South America grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 116, 197-208. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.02.009>
- Behrends Kraemer, F., Chagas, C. I., Marré, G., Palacín, E., & Santanatoglia, O. (2013). Desplazamiento de la ganadería por la agricultura en una cuenca de la pampa ondulada: efectos sobre el escurrimiento superficial y erosión hídrica. *Ciencia del suelo*, 31(1), 83-92. Recuperado de http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_31n1/CS-257%20Kraemer%20pags%2083-92.pdf
- Beltran, M. J., Brutti, L., Romaniuk, R. I., Bacigaluppo, S., Sainz Rozas, H. R., & Galantini, J. A. (2016). Calidad de la materia orgánica y disponibilidad de macro y micronutrientes por la inclusión de trigo como cultivo de cobertura. *Ciencia del suelo*, 34(1), 67-79. Recuperado de <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/1340>
- Cabido, M. (2008). Impacto de la agricultura sobre la extensión, distribución y biodiversidad de ecosistemas naturales. En O. T. Solbrig y J. Adámoli (Eds.), *Agro y Ambiente: una agenda compartida para el desarrollo sustentable* (pp 185-223). Recuperado de <http://www.foroagroindustrial.org.ar/pdf/cap7.pdf>
- Cabrera, A., & Willink, A. (1973). *Biogeografía de América Latina*. Washington D. C., USA: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.
- Cantú, M. P., Becker, A., Bedano, J. C., & Schiavo, H. F. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del suelo*, 25(2), 173-178. Recuperado de http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_25n2/25_2_cantu_173_178.pdf

- Ciampitti, I. A., & García, F. O. (2008). Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. *Revista Horizonte A*, 4(18), 22-28. Recuperado de <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/balances-de-nutrientes-en-sistemas-agricolas-ipni-ciampitti-garcia.pdf>
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina de la Organización de las Naciones Unidas) (2005). *Análisis sistémico de la agriculturización en la Pampa Húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5656/1/S051013_es.pdf
- Díaz de Astarloa, D., & Pengue, W. A. (2018). Nutrients metabolism of agricultural production in Argentina: NPK input and output flows from 1961 to 2015. *Ecological Economics*, 147, 74-83. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.01.001>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (1996). *Agro-ecological zoning. Soils Bulletin n° 73*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/W2962E/W2962E00.htm>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (1997). *Zonificación Agroecológica. Guía General*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/w2962s/w2962s00.htm>
- Flores, C., & Sarandón, S. (2002). ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? *Revista de la Facultad de Agronomía*, 105(1), 52-67. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15669/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Foley, J. A., Defries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570-574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- González, M. D., & Román, M. (2009). Expansión agrícola en áreas extrapampeanas de la Argentina. Una mirada desde los actores sociales. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 6(62), 99-120. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/117/11712701006.pdf>
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas*. Buenos Aires, Argentina: INDEC.
- Jacobo, E., Rodríguez, A., González, J., & Golluscio, R. (2016). Efectos de la intensificación ganadera sobre la eficiencia en el uso de la energía fósil y la conservación del pastizal en la cuenca baja del río Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. *AgriScientia*, 33(1), 1-14. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v33.n1.16567>
- Jenks, G. F. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*, (7), 186-190.
- Manchado, J. C. (2010). La sustentabilidad en la agricultura pampeana: Valoración económica del balance de nutrientes para las principales actividades agropecuarias extensivas en la Región Centro Sur de la Provincia de Buenos Aires. En *Libro de Resúmenes de la XLI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria*. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-valorac_econom_nutrientes_manchado2010.pdf
- Montico, S., Bonel, B., & Rosenstein, S. (2008). Antes y después de las inundaciones. Una visión agronómica de los productores agropecuarios de La Pícala, Santa Fe. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias-Sección Ciencias Agrarias*, 7(1-2), 87-96. <https://doi.org/10.14409/fa.v7i1/2.1332>
- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., & Verón, S. R. (2005) Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia Hoy*, 15(87), 14-23. Recuperado de <https://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Usotierra/Paruelo%20et%20al%202005%20Ciencia%20Hoy.pdf>
- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., Piñeiro, G., Jobbagy, E. G., Verón, S. R., Baldi, G., & Baeza, S. (2006). Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia*, 10(2), 47-61. Recuperado de <http://164.73.52.4/~agrociencia/index.php/directorio/article/view/256/187>
- Pengue, W. A. (2001). Impactos de la expansión de la soja en la Argentina. Globalización, desarrollo agropecuario e ingeniería genética: Un modelo para armar. *Biodiversidad*, 29, 7-14. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/291807161_Impactos_de_la_expansion_de_la_soja_en_Argentina_Globalizacion_desarrollo_agropecuario_e_ingenieria_genetica_Un_modelo_para_armar








- Requesens, E., & Silva, L. (2011). Tendencias en el uso de la tierra y diversidad productiva en establecimientos agropecuarios del centro-sur de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Agriscientia*, 28(1), 75-83. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v28.n1.2785>
- Ronco, A. E. (2015). Algunas respuestas sobre los impactos del uso de plaguicidas para el control de plagas en agroecosistemas de la región pampeana. *Ciencia e Investigación*, 65(2), 63-71. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/97994/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Roy, R. N., Misra, R. V., Lesschen, J. P., & Smaling, E. M. (2003). *Assessment of soil nutrient balance. Approaches and methodologies*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/y5066e/y5066e00.htm>
- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993-2011. *Ecosistemas*, 22(3), 117-126. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-3.16>
- Salvador, V. (2010). Impacto sobre el hábitat. En E. Viglizzo y E. Jobbágy (Eds.), *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental* (pp. 43-46). Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-expansin_frontera_agropecuaria_2010.pdf
- Sarandón, S., & Flores, C. (2014). La insustentabilidad del modelo de agricultura actual. En S. Sarandón y C. Flores (Eds.), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (pp. 13-41). <https://doi.org/10.35537/10915/37280>
- Satorre, E. H. (2005). Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia Hoy*, 15(87), 24-31. Recuperado de <https://www.agro.uba.ar/users/omacini/materialesTaller/Anexo%203-%20Satorre%20en%20colores.pdf>
- Sequeira, N. D., Vazquez, P., & Sacido, M. (2018). Expansión agrícola y riesgo de contaminación por plaguicidas, el caso del partido de Benito Juárez. En *Libro de Resúmenes de las II Jornadas Internacionales de Ambiente y IV Jornadas Nacionales de Ambiente* (pp. 445-448). Recuperado de https://drive.google.com/file/d/1fydQU_6Y7McjaYmhaYl1EvQ1asuWfV07/view
- Sequeira, N. D., Vazquez, P., & Zulaica, L. (2019). Definición y caracterización de Unidades Ecológicas en el partido de Benito Juárez (Argentina): aportes para planificar el uso sustentable de los recursos. *Ciencias Agronómicas. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR*, 33(19), 31-38. <https://doi.org/10.35305/agro33.271>
- Sociedad Rural de Benito Juárez (2007). *Evaluación de tierras del Partido de Benito Juárez*. Estudio técnico contratado al Laboratorio de Geomática de la Unidad Integrada Balcarce INTA-Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Mar del Plata).
- Soto, F., Vantour, A., Hernández, A., Planas, A., Figueroa, A., Fuentes, P. O., ... & Caro, P. (2001). La Zonificación Agroecológica del Coffea arabica L. en Cuba. Macizo Montañoso Sagua-Nipe-Baracoa. *Cultivos Tropicales*, 22(3), 27-51. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230161004.pdf>
- Suárez, G. M., Bacallao, R. F., Soto Carreño, F., & Caballero Núñez, A. (2013). Bases para la zonificación agroecológica en el cultivo del cacao (Theobroma cacao, Lin) por medio del criterio de expertos. *Cultivos Tropicales*, 34(2), 30-37. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v34n2/ctr05213.pdf>
- Tiscornia, G., Achkar, M., & Drazeiro, A. (2014). Efectos de la intensificación agrícola sobre la estructura y diversidad del paisaje en la región sojera de Uruguay. *Ecología Austral*, 24(2), 212-219. <https://doi.org/10.25260/EA.14.24.2.0.24>
- Vazquez, P., Sacido, M., & Zulaica, L. (2013). Zonificación Agroecológica de la Cuenca del río Quequén Grande provincia de Buenos Aires, Argentina. *Geoaraguaia*, 3(2), 26-45. Recuperado de <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4851/3261>
- Vazquez, P., Zulaica, L., & Sacido, M. (2014). Indicadores de sustentabilidad en las unidades agroecológicas de la Cuenca del río Quequén Grande (Argentina). *Campo-Territorio, Revista de Geografía Agraria*, 9(19), 118-148. <http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/24710/15519>
- Vazquez, P., Zulaica, L., & Benavidez, B. (2017). Agricultura y impactos ambientales en el partido de Necochea, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 39, 202-218. Recuperado de <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/44789>

- Vazquez, P., Ruiz Gonzales, D., Zulaica, L., Sequeira, N. D., & Daga, D. (2019). Paisajes Agroproductivos y Sustentabilidad Agrícola en un Partido de la Región Pampeana Austral: Análisis de las Transformaciones del Territorio Rural entre 2002 y 2015. En *Libro de Resúmenes del I Congreso Argentino de Agroecología* (pp. 827-832). Recuperado de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/14315/libroresumen-congresoargentinoagroecologia.pdf
- Viglizzo, E. (2003). *Manual AGRO-ECO-INDEX*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA.
- Viglizzo, E., Frank, F., Carreño L.V., Jobbagy, E., Pereyra, E., Clatt, J., ... & Ricard, F. (2011). Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global change biology*, 17(2), 959-973. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02293.x>
- Villa, M. M., Inzunza, M. y Catalán, E. (2001). Zonificación agroecológica de hortalizas involucrando grados de riesgo. *Terra Latinoamericana*, 19(1), 1-7. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319101.pdf>
- Zelaya, K., Van Vliet, J., & Verburg, P. H. (2016). Characterization and analysis of farm system changes in the Mar Chiquita basin, Argentina. *Applied Geography*, 68, 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.02.001>

Cita bibliográfica: Tribak, A., Baena-Escudero, R., Guerrero-Amador, I.C., Amhani, Z., Abahrour, M., El Garouani, A., & Arari, K. (2021). Evaluación de los usos del suelo y la erosión hídrica en la subcuenca hidrográfica montañosa del Oued Ourtza (Pre-Rif Oriental, Marruecos). *Investigaciones Geográficas*, (76), 309-326. <https://doi.org/10.14198/INGEO.18851>

Evaluación de los usos del suelo y la erosión hídrica en la subcuenca hidrográfica montañosa del Oued Ourtza (Pre-Rif Oriental, Marruecos)

Land use and hydric erosion assessment in a Mediterranean mountain environment: Case of Wadi Ourtza sub-basin (Eastern-Prerif, Morocco)

Abdellatif Tribak¹ 
Rafael Baena-Escudero² 
Inmaculada Concepción Guerrero-Amador^{3*} 
Zakariae Amhani⁴ 
Mohammed Abahrour⁵ 
Abdelkader El Garouani⁶ 
Khalid Arari⁷ 

Resumen

Se estudia la distribución espacial de los usos del territorio y de pérdida de suelo en la subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza (Pre-Rif Oriental, Marruecos) entre los años 2000 y 2014. Para ello, se ha recurrido a información extraída de imágenes de satélite, el empleo de la ecuación universal de pérdida de suelo en su versión adaptada a las condiciones mediterráneas (RUSLE) y el correspondiente tratamiento mediante herramientas SIG. Las cartografías resultantes denotan la sustitución de los cultivos tradicionales de cereal por otros arbóreos y un importante abandono de las tierras (36,8%). Las pérdidas de suelo son bastante altas ($40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$), muy por encima de su tolerancia, aunque están cercanas a las tasas de ablación registradas en otras áreas del entorno mediterráneo y el Rif marroquí. Estas pérdidas se distribuyen desigualmente, correspondiendo las tasas más elevadas con las tierras no cultivadas o abandonadas ($>80 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$) cuya extensión sigue aumentando, sobre todo, en los tramos medio y bajo de la subcuenca donde dominan los materiales lábiles.

Palabras clave: teledetección; erosión; RUSLE; terrenos margosos; norte de Marruecos.

Abstract

The spatial distribution of land use and soil loss in the hydrographic sub-basin of the Oued Ourtza (Eastern Prerif, Morocco) between 2000 and 2014 is the subject of this study. We have extracted the thematic information from satellite imagery for the mapping of land occupation and then used geographic information systems for the spatialisation of water erosion according to the universal equation for soil loss in its version adapted to Mediterranean conditions. The resulting maps show an increase in the areas of

- 1 FLSH-LAGEA Sais-Fès, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès, Route d'Imouzzer, BP59, Fès, Maroc. Abdellatif.tribak@usmba.ac.ma
- 2 Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Sevilla. C/ María de Padilla s/n 41004, Sevilla. España. baena@us.es
- 3 Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Sevilla. C/ María de Padilla s/n 41004, Sevilla. España. inmaguer@us.es. * Autora para correspondencia
- 4 FLSH-LAGEA Sais-Fès, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès, Route d'Imouzzer, BP59, Fès, Maroc. Zakariae.amhani@usmba.ac.ma
- 5 Departament de Geographie, Faculté poly-disciplinaire –USMBA– Taza, Maroc. mohammed.abahrour@usmba.ac.ma
- 6 Faculté des Sciences et Techniques –USMBA–. Route d'Imouzzer, BP. 2202, Fès, Maroc. abdelkader.elgarouani@usmba.ac.ma
- 7 FLSH-LAGEA Sais-Fès, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès, Route d'Imouzzer, BP59, Fès, Maroc. Khalid.arari@usmba.ac.ma

Recepción: 23/01/2021.

Aceptación: 16/04/2021.

Publicación: 15/07/2021 (en prensa: 03/06/2021).

 Este trabajo se publica bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

© Abdellatif Tribak, Rafael Baena-Escudero, Inmaculada Concepción Guerrero-Amador, Zakariae Amhani, Mohammed Abahrour, Abdelkader El Garouani, Khalid Arari

arboriculture and a significant abandonment of land (36.8 %). The soil losses are quite high ($40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$) and well above the tolerance threshold; although they are similar to ablation rates in some areas of the Mediterranean environment and the Moroccan Rif. These losses are unevenly distributed, with the highest rates corresponding to uncultivated or abandoned land ($>80 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$) whose extension continues to increase, especially in the middle and lower reaches of the sub-basin where fragile materials dominate.

Keywords: remote sensing; soil erosion; RUSLE; marly lands; northern Morocco.

1. Introducción

Los ambientes mediterráneos son particularmente propensos a la erosión del suelo debido a la elevada intensidad de la precipitación, la fragilidad de los suelos, la presencia de fuertes pendientes, pero sobre todo a la larga historia de transformación del paisaje que incluye deforestación, incendios, y frecuentes cambios en el uso de la tierra y los cultivos (Poesen & Hooke, 1997; Wainwright & Thornes, 2004 y García-Ruiz, 2010). En relación a esto último, parece evidente que las tasas de pérdida de suelo disminuyen considerablemente a medida que aumenta y se gestiona la cobertura vegetal de los cultivos (Renard, Foster, Weesies & Porter, 1991; Panagos *et al.*, 2015a), frente a los valores máximos que se obtienen en las zonas de barbecho desnudas (Kinnell, 2010).

En España, el estudio de la erosión en pequeñas cuencas se viene realizando desde los años 80 (p.e. La Roca, 1984; Francis, 1986; Sala, 1988; Romero Díaz, López Bermúdez, Thornes, Francis & Fisher, 1988; López Bermúdez, 1989), con métodos y resultados muy variados que dificultan su comparación pero que, al menos, han servido para poner de manifiesto la existencia del riesgo de erosión acelerada en el entorno mediterráneo y establecer unos valores y causas de referencia (García-Ruiz, 2010). La aplicación de métodos empíricos o paramétricos (USLE, RUSLE, CORINE, etc.) junto con otros indirectos a partir de la colmatación de embalses (degradación específica), se muestran como los mejores sistemas para la evaluación rápida y fiable de cuencas hidrográficas. Pero es sin duda el enfoque RUSLE el que ofrece mejor información sobre pérdida de suelo según tipos de cultivo (Van der Knijff, Jones & Montanarella, 2000; Toubal, Achite, Ouillon & Dehni, A., 2018), siendo ampliamente utilizado en el ámbito mediterráneo (Ramos & Porta, 1994). A modo de ejemplo, entre los múltiples que existen, mencionar los resultados obtenidos en diferentes zonas de clima mediterráneo de la Península Ibérica. Así, en la Depresión del Guadalquivir, sobre subcuencas hidrográficas cultivadas de cereal próximas a los macizos subbéticos de Córdoba y Jaén, se alcanzaron valores máximos de erosión estimada (USLE adaptada) de entre $47,7$ y $67 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ para situaciones de degradación de la cubierta natural o desajustes en los cultivos respecto a la distribución temporal de los episodios de lluvia equinocciales (Moreira Madueño, 1991). En Navarra, mediante mediciones en campo (micro-perfiladores) también en subcuencas cultivadas de cereal, las pérdidas fueron más variadas, oscilando entre 2 y $115 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, coincidiendo los máximos con uno o dos eventos intensos de precipitación a finales de otoño o verano (De Santiesteban, Casali & López, 2006). Por su parte, en subcuencas hidrográficas dominadas por la arboricultura, los datos obtenidos mediante modelos y validados en campo, oscilan entre máximos de $26,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en almendros de la Sierra del tramo alto del Río Guadaletín en Murcia (Van Wesemael *et al.*, 2006), hasta otros mínimos de $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en olivar tradicional sobre suelo vértico en el sur de España. En estos últimos destaca la alta variación que registran según el tipo de labranza, con tasas menores y un $7,4 \%$ de coeficiente de escorrentía para la tradicional, mientras que en los tratados con herbicidas los valores se duplican ($8,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$) y los coeficientes de escorrentía se triplican, alcanzando el $21,5 \%$ (Gómez, Romero, Giráldez, & Fereres, 2004).

A nivel europeo, las últimas evaluaciones globales de pérdida de suelo mediante modelo RUSLE, coinciden en señalar a las zonas de clima Mediterráneo y entorno montañoso alpino (Apeninos, Pirineos, Cordilleras Béticas, Cárpatos, etc.) como las más destacadas en tasas medias de erosión (Panagos *et al.*, 2015b). En ellas, cultivos permanentes (viñedos y olivar) y pastizales son los usos más proclives a la erosión, sin embargo los valores máximos ($>50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}$), se asocian a zonas de badlands del sureste español con pastizales y terrenos incultos de escasa vegetación (Panagos *et al.*, 2015b). A este respecto, no hay que olvidar, por su relevancia en el incremento de estos valores, el papel desempeñado por el fenómeno del abandono de las tierras de cultivo (e.j. García-Ruiz *et al.*, 1991; García-Ruiz & Lasanta, 1994; Robledano *et al.*, 2014), sobre todo en zonas de montaña con litologías lábiles o cuencas sedimentarias, donde genera un aumento en los procesos de erosión y degradación de los suelos que, de no ir acompañado de medidas correctoras, puede ser responsable de la generación del modelado de badlands y finalmente, la desertificación (López Bermúdez, 1989; Ruiz Flaño, 1993; Romero Díaz, 2003; Moreno de las Heras *et al.*, 2019).

En Marruecos, la erosión del suelo representa un problema crucial por las múltiples consecuencias que conlleva (degradación del suelo, baja productividad, colmatación de embalses, cambios en la morfología fluvial, etc.). Según el plan nacional de ordenación de las cuencas hidrográficas, de los 20 millones de hectáreas que se sitúan aguas arriba de las presas en sus respectivas cuencas hidrográficas, alrededor de 5 millones presentan riesgos importantes de erosión hídrica (MADREF, 2001). En el norte de Marruecos, la magnitud de la erosión hídrica es muy elevada con una degradación específica que supera las $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (MAMVA, 1993), concentrándose el 60% de los terrenos erosionados en las montañas del Rif (Heusch, 1990). Aquí, la cuenca hidrográfica del Oued Telata (Rif occidental), aguas arriba de la presa de Ibn Batouta, alcanza pérdidas medias de $39 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (Merzouk, Fenjiro & Laouina, 1996); mientras que en la del Oued Nakhla Wadi, han sido estimadas, de manera experimental, en unas $65 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (Naimi, Tavaa & Macaire, 2004). Por su parte, el Rif oriental se presenta en parecidos términos con pérdidas del orden de las $55 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en la cuenca del Oued Boussouab, según el modelo RUSLE (Sadiki, Bouhlassa, Auaijar, Faleh & Macaire, 2004). Respecto al Pre-Rif, la existencia de cuencas margosas periféricas con materiales lábiles (Oued Ourgha), carentes de vegetación y donde son frecuentes los eventos pluviométricos de alta intensidad, arrojan cifras similares de hasta $60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ con variaciones de entre 18 y $109 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ dependiendo de las laderas (Lelandais & Fabre, 1996). A nivel de degradación específica, la cuenca hidrográfica del Oued Lebène (Pre-Rif), presenta variaciones considerables de entre 1,4 y más de $35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, según sea seco o húmedo el periodo considerado (Gartet, 1994).

En este estudio se ha analizado una subcuenca hidrográfica situada al norte de Taza, al representar un medio frágil y vulnerable en un contexto geológico complejo de cabalgamientos con predominio de materiales lábiles y con una fuerte influencia humana responsable de las diferentes modalidades de uso de los suelos. Por ello, se pretende evaluar dentro de la subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza, los cambios en la distribución espacial de las áreas de cultivo y su abandono, cuantificando su erosión hídrica potencial entre los años 2000 y 2014, con base en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en su versión adaptada a las condiciones mediterráneas (RUSLE). A este respecto, dos hipótesis se plantean en este trabajo: (i) que las fuertes pérdidas de suelo corresponden, desde el punto de vista del uso de estos, a terrenos que no son cultivados o han sido abandonados; y (ii) si frente a ello, la extensión considerable de la oleicultura durante las últimas décadas puede contribuir a reducir las tasas de erosión, incluso para aquellos terrenos cultivados en pendiente.

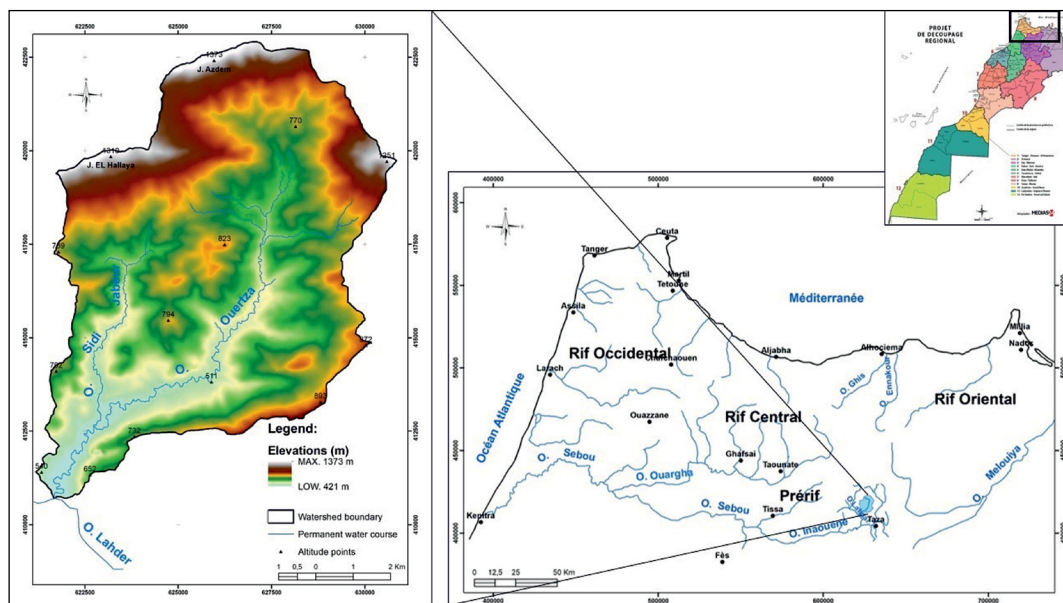
2. Metodología

2.1. Área de estudio y caracterización

La subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza, con una superficie de $73,47 \text{ km}^2$, está situada en el Pre-Rif oriental al norte de Marruecos. Se trata de la cabecera del Río Sebou el más importante del norte de Marruecos que desemboca en el océano Atlántico a la altura de la ciudad de Kenitra. Esta subcuenca ocupa una posición baja a nivel de la cuenca hidrográfica del Oued Lahdar, uno de los más importantes afluentes del Oued Inaouene (Figura 1). Tiene forma alargada en dirección nordeste-sudoeste y se caracteriza por una topografía accidentada de colinas y montañas bajas que presentan un modelado de vertientes irregulares respecto al dispositivo estructural y la importante disección fluvial heredada del Cuaternario. Dentro de ella, las altitudes varían entre los más de 1.000 m que se alcanzan al norte, en el pico más elevado (J. Azdem, 1.373 m), y al noreste (J. El Hallaya, 1.310 m), y los 430 m del punto más bajo situado en el exhutorio de la subcuenca.

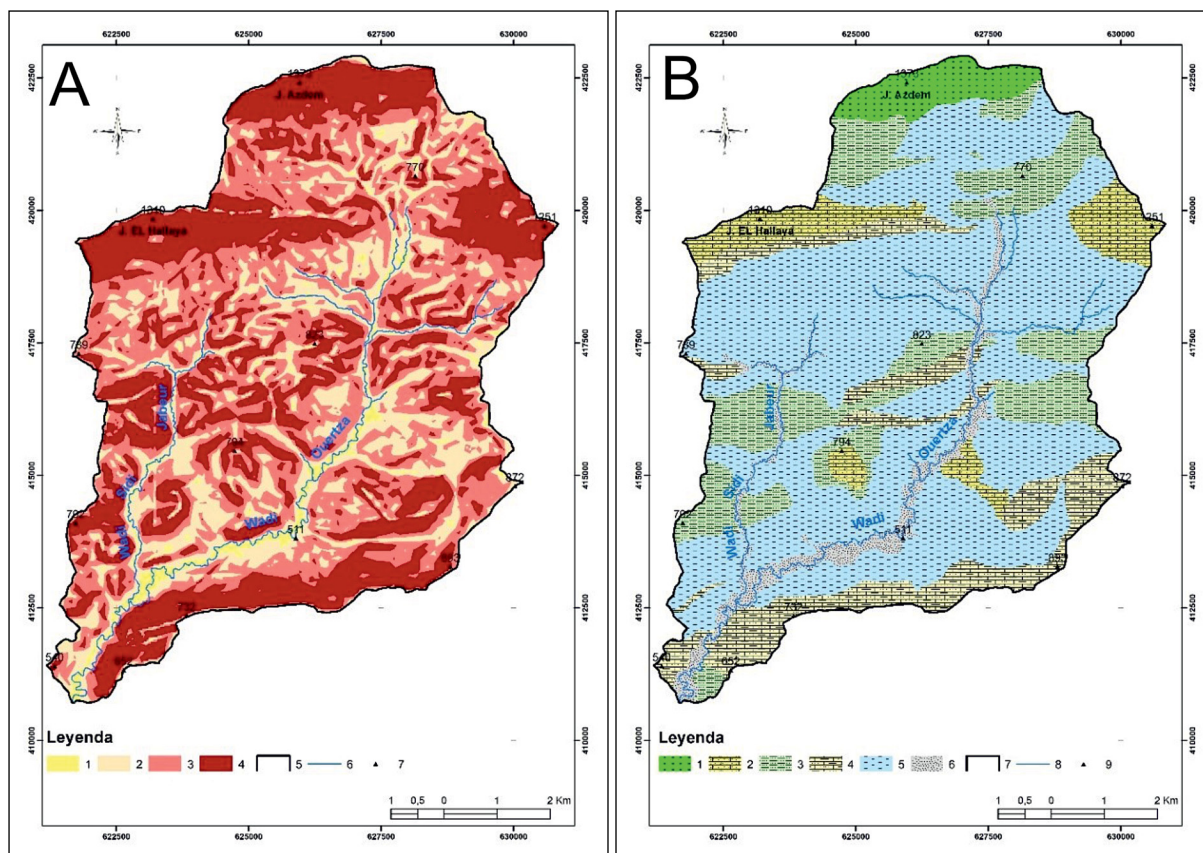
La geología muestra un claro predominio de los terrenos margosos cenozoicos en un contexto estructural marcado por los mantos de corrimiento (Leblanc, 1979). Las series margosas autóctonas datadas en el Cretáceo y sobre todo de finales del Cenozoico, ocupan la casi totalidad de su superficie, estando en parte sobremontadas por formaciones areniscosas y conglomeráticas que arman particularmente las cumbres de las unidades alóctonas desplazadas. Esto explica el modelado de erosión diferencial que se produce entre las litologías resistentes y lábiles tanto al norte, como en el centro y sur de la subcuenca hidrográfica y que queda reflejado en la distribución en bandas este-oeste que adquieren las zonas con pendientes más fuertes (>25%) y respecto a las cuales la red hídrica principal se muestra disconforme (Figura 2). Los suelos que se derivan de estas litologías son poco evolucionados por la erosión sobre pendientes pronunciadas. En las depresiones y zonas menos accidentadas aparecen también vertisoles y suelos calcimagnésicos.

Figura 1. Localización del área de estudio y relieve de la subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza (Pre-rif oriental, Marruecos)



Elaboración propia

Figura 2. Distribución de las pendientes (A) y de las formaciones litológicas (B) en la subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza



Leyenda mapa A: 1. 0-5%, 2. >5-15%, 3. >15-25%, 4. > 25%, 5. Límite de subcuenca hidrográfica, 6. Ríos permanentes, 7. Puntos de altitud. Leyenda mapa B: 1. Areniscas, 2. Areniscas y conglomerados con calizas, 3. Margas y areniscas, 4. Margo-calizas y arenisca, 5. Formaciones margosas, 6. Depósitos aluviales, 7. Límite de Subcuenca, 8. Ríos permanentes, 9. Puntos de altitud

Elaboración propia

Los suelos poco evolucionados, están sometidos por la erosión a un desmantelamiento intenso que conlleva el empobrecimiento en coloides minerales y orgánicos. El bajo contenido en materia orgánica, así como el predominio de texturas limosas o limo-arenosas, les hacen más inestables y altamente sensibles al fenómeno de apelmazamiento superficial de las partículas finas del suelo por el impacto directo de las gotas de lluvia durante los episodios de lluvia de alta intensidad. Se generan así costras de "battance" que dificultan la permeabilidad de los suelos y favorecen la arroyada superficial. Los suelos arcillosos profundos, vertisoles o suelos con caracteres vérticos, manifiestan una estabilidad estructural importante; sin embargo, la fuerte presencia de arcillas expansivas conduce, en ciertas condiciones, a una degradación de su estructura. Durante el estío, su desecación favorece la formación de grietas superficiales que pueden alcanzar los horizontes profundos y condicionar los patrones de arroyada superficial, especialmente en otoño. En la estación húmeda, su saturación en agua implica cambios estructurales que se manifiestan mediante procesos de soliflujión muy frecuentes. Respecto a los suelos sobre aportes aluviales, son los más estables y profundos, al desarrollarse sobre terrazas y fondos de valle que bordean los cursos de agua (Tribak, 2000).

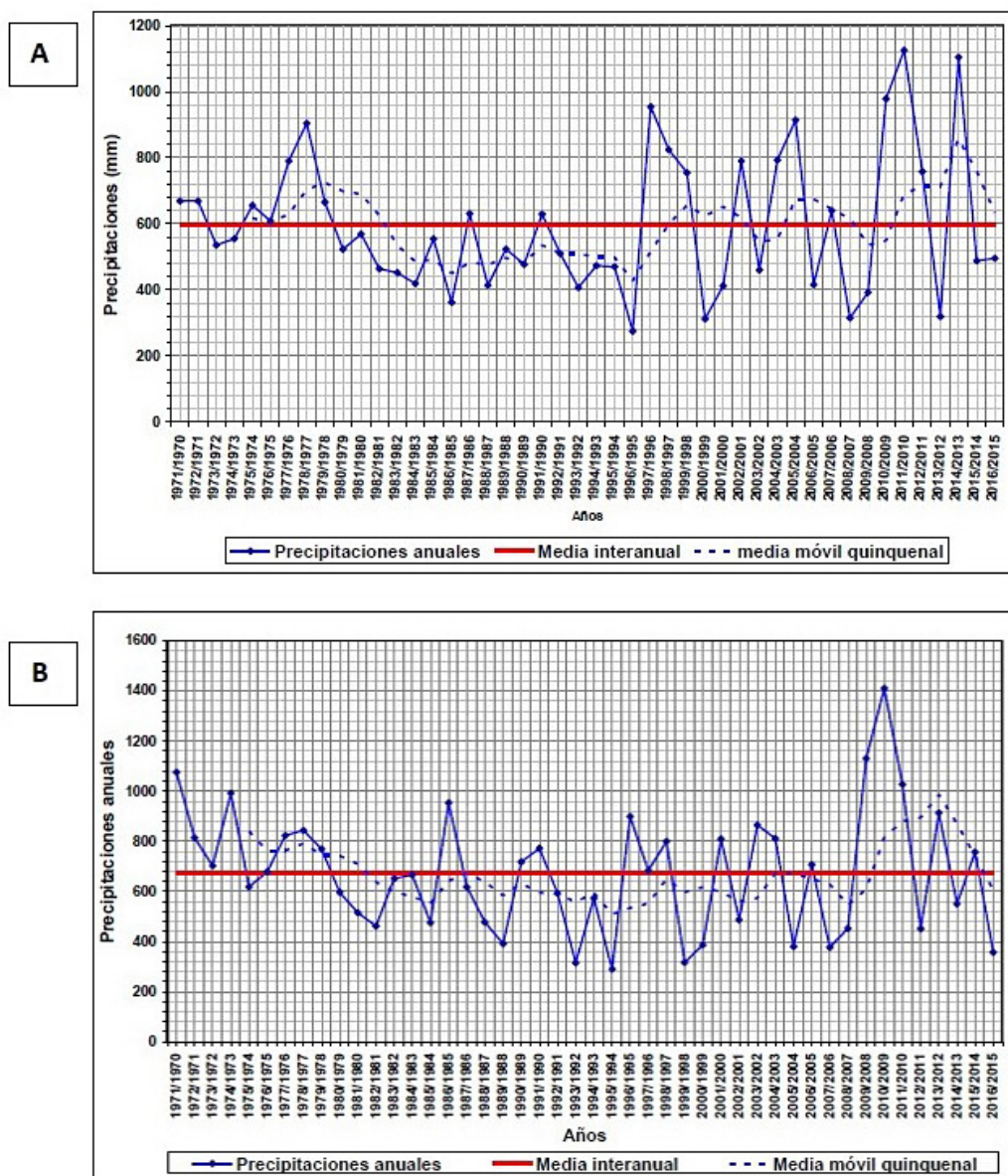
La subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza presenta un carácter climático mediterráneo asociado a una fuerte irregularidad de las precipitaciones anuales y un enorme contraste estacional. El clima se caracteriza por lluvias muy intensas y concentradas en el tiempo con medias anuales de entre 681 y 599 mm para el periodo 1970-2013, según las estaciones meteorológicas próximas de Had M'sila y Taza, situadas al NW y SE respectivamente, de la subcuenca. Para este mismo periodo, la estación de Taza registró precipitaciones máximas que alcanzaron los 1.125 mm en 2009-2010 y mínimas de 275 mm en 1994-1995. Por su parte la estación de Had M'sila, alcanzó un valor máximo de 1.411 mm durante el año 2009-2010 y un valor mínimo de 224 mm durante el año 1994-1995 (Figura 3). El estudio estadístico de las lluvias diarias registradas en la estación meteorológica de Taza durante el periodo 1979-2013, muestra que esta zona alcanza cantidades máximas de precipitación que habitualmente pueden superar los 100 mm al día y que originan dinámicas hidrológicas superficiales de enorme poder erosivo (Tribak, El Garouani & Abahrour, 2012a). Dos ejemplos de estos episodios extremos han sido los sucedidos el 30 de enero de 1987 en M'sila, donde los 101 mm recogidos ese día, supusieron el 33,3% del total pluviométrico del mes; o los 113 mm registrados en Taza, el 14 de marzo de 2004, que alcanzaron ese día el 61,7% del total de precipitaciones del mes. El análisis de la frecuencia de las cantidades máximas diarias registradas en esta misma estación muestra un aumento de las concernientes a episodios lluviosos con intensidades de entre 20 y 25 mm/día, con valores de entre 0,2 a 0,8 episodios para periodos de retorno de entre 2 y 5 años. Por su parte, los registros para intensidades de entre 70 y 80 mm/día alcanzan una recurrencia del orden de un episodio cada 10 años. En cuanto a los valores medianos, superan los 80 mm/día y son bastante raros, con un periodo de retorno que supera, en general, los 20 años (Tribak *et al.*, 2012a).

En cuanto a la población, las densidades eran elevadas en la región en 2004 con valores que superaban los 100 hab/km², y ello pese a la continua reducción generada por los movimientos migratorios (HCP, 2004). Esta presión demográfica es, sin duda, la responsable de la transformación de los paisajes forestales con aprovechamientos silvo-pastoriles en otros de tipo en mosaico, donde se imbrican las múltiples parcelas de cereal con un pastizal-matorral degradado. La historia contemporánea de la región durante el siglo XX, ha dado lugar a importantes mutaciones socio-espaciales que resultan en una serie de rupturas y perturbaciones que afectan a las estructuras preexistentes, así como al medio natural. Es esencialmente en este contexto, en el que se llevaron a cabo amplias acciones de deforestación que, desafortunadamente, solo eran posibles en áreas marginales o en laderas con pendientes pronunciadas. Los campesinos en crisis, lejos de preocuparse por las consecuencias de sus acciones, desmantelaron los bosques, ya degradados, que aún cubrían los macizos de areniscas ubicados en el norte de la región. La conquista de nuevas tierras de cultivo y la extensión de sus superficies, independientemente de la naturaleza de los terrenos y del grado de sus pendientes y sin tener en cuenta el peligro de erosión, fue el objetivo, en la búsqueda de medios de subsistencia, para una población desheredada y en crecimiento.

Los usos del suelo actuales muestran una extensión considerable de los cultivos anuales que ocupan los suelos profundos situados en los fondos de valle, así como los suelos esqueléticos conquistados sobre fuertes pendientes. Paradójicamente, los cultivos arbóreos no ocupan más que una pequeña proporción de la cuenca, aunque su superficie ha registrado una extensión importante durante las últimas décadas gracias a la oleicultura que se extiende incluso, por las laderas con pendientes pronunciadas. Las laderas se presentan, en su mayor parte, carentes de vegetación y puestas en cultivo, si bien el éxodo rural que

afecta a la región desde los años 80, está suponiendo un importante incremento de los terrenos incultos y abandonados que, cada vez, ocupan una mayor extensión en la región. De hecho, la falta de gestión de estas tierras de cereal abandonadas, sometidas a sobrepastoreo y a merced de los episodios de intensa precipitación, conduce a la compactación del suelo, la formación de costras y en suma a la impermeabilización de las superficies. Todo ello genera, sobre todo en las laderas soleadas y de suelo casi desnudo orientadas al sur, unas condiciones semiáridas que dificultan la revegetación y favorecen la concentración de la escorrentía. Se forman así surcos de arroyada que, sin mantenimiento ni laboreo, evolucionan en pocos años a cárcavas de erosión.

Figura 3. Precipitaciones anuales y media móvil quinquenal durante el periodo 1970-2016 en las estaciones meteorológicas de Taza (A) y Had M'sila (B)



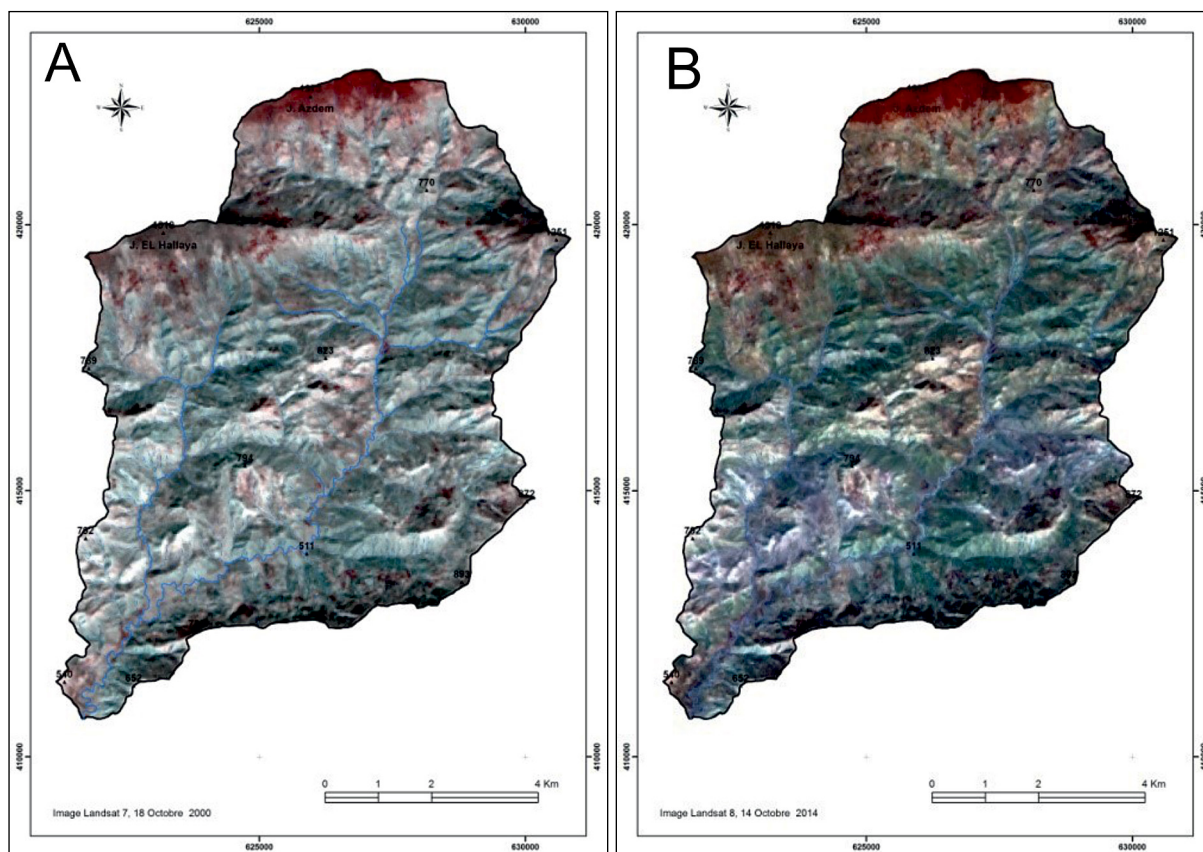
Fuente: Centros de trabajos agrícolas de Taza y Had M'sila. Elaboración propia

2.2. Utilización de imágenes de teledetección para la cartografía de usos del suelo

La identificación de la variación espacio-temporal de los usos del suelo en la zona de estudio se ha realizado a partir de la clasificación de las imágenes de satélite Landsat TM y Landsat ETM (imágenes del 18 de octubre de 2000, Landsat 7 y del 14 de octubre de 2014, Landsat 8). Los datos adquiridos

fueron tratados y analizados mediante el programa de tratamiento de imágenes Erdas Imagine, siendo previamente georreferenciadas según la proyección cónica conforme de Lambert, calibradas para el sistema de coordenadas de referencia de la zona Merchich Norte (Sistema del Norte de Marruecos). De este modo se pudieron comparar las imágenes a partir de la selección de las partes correspondientes a la misma porción del territorio mediante el empleo de las coordenadas geográficas (Figura 4). Estos pretratamientos geométricos permitieron la integración de las imágenes de satélite en el SIG, facilitando los análisis requeridos. Además, se realizaron operaciones de mejora y combinación de canales para aumentar la calidad visual de las imágenes y aumentar la diferenciación de las clases temáticas de cara a su foto-interpretación. A partir de las consideraciones anteriores y de las características edáficas, de vegetación y uso agrícola de las parcelas de referencia observadas en el campo, se realizó una clasificación siguiendo las tres clases de ocupación del suelo más utilizadas en el modelo RUSLE para pronosticar la pérdida de suelo: tierras forestales, pastizales y tierras de cultivo. Pero distinguiendo en estas últimas entre cultivos anuales (cereal, girasol, etc.) y aquellos otros de vocación permanente como son los arbóreos (olivos, frutales, etc.). Junto a ello, se controló también las parcelas que dejaron de ser cultivadas y que fueron incorporadas al mapa de coberturas de suelo en la categoría de terrenos no cultivados/pastos. Por tanto, los usos del suelo se agruparon en las cuatro clases siguientes: terrenos no cultivados/pastos, cultivos anuales, cultivos arbóreos y bosque/reforestación.

Figura 4. Comparación de imágenes de la cuenca correspondientes al 18 de octubre de 2000 (A) y 14 de octubre de 2014 (B)



Fuente: Landsat 7, 2000 y Landsat 8, 2014. Elaboración propia

El enfoque se ha basado en la utilización de los datos de teledetección para conocer la distribución espacial de los factores de diferenciación de la erosión (usos del suelo, importancia de la cobertura vegetal, etc.), empleando SIG para las operaciones de análisis y modelización de los procesos de erosión. De este modo y con la finalidad de alcanzar el objetivo de cuantificar la erosión hídrica en la subcuenca hidrográfica, se procedió en primer lugar a una prospección del medio físico mediante el estudio de suelos en campo y laboratorio, para a continuación extraer la información temática de las imágenes de satélite. Finalmente, la explotación del modelo digital de terreno (MDT) permitió adquirir otros datos necesarios como las pendientes y la longitud de estas. Para ello se utilizó el software ArcGIS 10.1 para digitalizar

todas las capas de información requeridas y luego para las operaciones de análisis espacial. Además, se empleó el programa Erdas Imagine para el procesamiento de imágenes de detección remota de cara a obtener la cartografía de usos del territorio. Para la modelización de los procesos de erosión del suelo, se optó por el uso del software IDRISI SELVA 17.

2.3. Modelización de la erosión del suelo

La cuantificación de la erosión hídrica se realizó mediante el modelo RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) de Renard, Foster, Weesies, McCool & Yoder (1997), integrado en el software Idrisi. Esta es una versión revisada de la ecuación USLE (Wischmeier & Smith, 1978), que permite estimar las cantidades de partículas de suelo susceptibles de ser erosionadas dentro de la cuenca y establecer la distribución espacial según las zonas más sensibles a la erosión sin tener en cuenta las dinámicas de transporte y sedimentación de los elementos terrígenos (Bonn, 1998). Este modelo se basa en una función lineal que involucra la combinación espacial de los diferentes parámetros que contribuyen a la erosión de los suelos. Por lo tanto, la tasa de erosión (A en $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$) es una función multiplicativa de la erosividad de las lluvias según su energía potencial (R), la resistencia del medio o la erodibilidad del suelo (K), el factor topográfico (LS), la cobertura vegetal y las prácticas de cultivo (C), y las medidas antierosivas (P), según la ecuación; $A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$, donde:

- El índice de erosividad de las lluvias (R), es igual a su energía cinética multiplicada por la intensidad máxima de las precipitaciones durante 30 minutos expresada en $cm \cdot h^{-1}$. Este índice corresponde a los riesgos erosivos potenciales de una región dada, donde se manifieste la erosión laminar sobre una parcela sin vegetación con un 9% de pendiente (Wischmeier & Smith, 1978). Algunos autores han desarrollado fórmulas alternativas que sólo utilizan la precipitación mensual y anual para determinar el factor R (Kalman, 1967; Arnoldus, 1980). En este trabajo, el cálculo del valor del índice R se basó en la fórmula de Rango & Arnoldus (1987), utilizando los datos climáticos mensuales y anuales disponibles durante el período 1970-2013 en las estaciones meteorológicas de Had M'sila y Taza. De acuerdo con esta fórmula, R es del orden de 68,37 para la estación de Had M'sila y de 67,31 para la de Taza.
- El valor de K se obtuvo mediante el nomograma de Wischmeier (1976), utilizando el mapa de suelos del área de estudio y las propiedades de infiltración de los suelos de la región, según lo desarrollado por Tribak (2000), Tribak, El Garouani & Abahrour (2009) y El Garouani, Chen, Lewis, Tribak & Abahrour (2009). Además, se utilizaron los análisis concernientes a la textura y el contenido en materia orgánica de los horizontes superficiales (0-20 cm) y los datos de infiltración de los suelos obtenidos mediante lluvia simulada de 50 mm e intensidades de $80 mm \cdot h^{-1}$ en micro-parcelas en rampa de $1 m^2$. Antes de cada simulación se tuvo en cuenta el estado del suelo en la parcela, valorando si estaba cubierto o desnudo de vegetación y también si estaba abierta su superficie (presencia de macro-poros, fisuras o grietas de retracción) o cerrada (existencia de costras de "battance" o películas compactas por el pisoteo del ganado) y por tanto, con mínima capacidad de infiltración. Los valores del factor K oscilaron entre 0,22 para los suelos pardos calcáreos que ocupan, sobre todo, fondos y zonas con débiles pendientes; y 0,44 para los suelos regosólicos poco evolucionados ubicados en las zonas de badlands con exposición sur (Tabla 1).

Tabla 1. Erodibilidad de las unidades pedológicas (factor K)

Tipos de suelos	K métrico ($t \cdot ha^{-1}$)
Suelos regosólicos poco evolucionados (de erosión)	0,44
Suelos poco evolucionados de aporte aluvial	0,39
Suelos poco evolucionados de aporte coluvial	0,27
Vertisoles	0,36
Suelos calcimagnésicos - rendzinas	0,27
Suelos vérticos calcimagnésicos pardos	0,22

Fuente: Tribak 2000 y Tribak *et al.*, 2009. Elaboración propia

- El factor topográfico (LS), depende a la vez tanto de la longitud de la pendiente como de su inclinación (Renard *et al.*, 1997). Su cálculo para la subcuenca hidrográfica del Ourtza, se efectuó mediante el

software IDRISI SELVA 17 que utiliza el MDT (Modelo Digital de Terreno), a partir del cual obtiene el grado de la pendiente, su orientación y longitud acumulada y, finalmente, el factor SL.

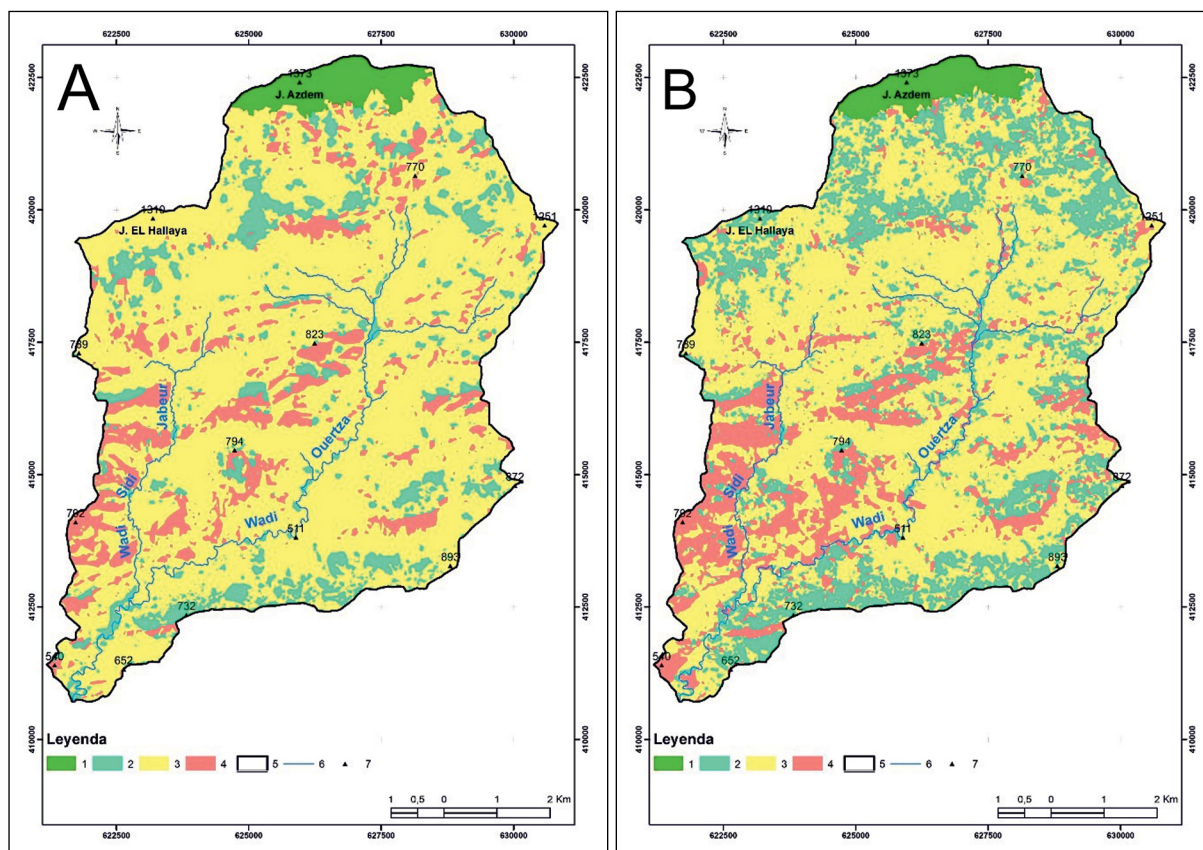
- El valor del factor C utilizado, se ha basado tanto en los resultados de estudios similares relativos a ciertas cuencas del Rif estudiadas con anterioridad (Kalman, 1967; Heusch, 1990; Tribak *et al.*, 2009; El Garouani *et al.*, 2009; Sadiki *et al.*, 2004; Naimi *et al.*, 2004), como en las imágenes de satélite y las observaciones de campo. Los valores asignados a los diversos modos de uso del suelo se sitúan entre 0,08 para los bosques abiertos que ocupan algunas cumbres en la zona alta de la subcuenca y 0,75 para los terrenos desnudos sin cultivar y ampliamente distribuidos sobre las pendientes más pronunciadas.
- El factor P varía entre 1, para las zonas sin medidas de conservación de suelos, y 0,1 para los terrenos muy manejados (Roose, 1996). Según observaciones realizadas en campo, los controles anti-erosivos son muy excepcionales en el área de estudio por lo que el valor 1 ha sido atribuido a toda la subcuenca y neutraliza el efecto de este factor.

Tras la determinación de todos los parámetros anteriores, la estimación y la cartografía de pérdidas de suelo se generó utilizando el modelo RUSLE integrado en el software IDRISI SELVA 17 (Lewis, Verstraeten & Shu, 2005; Eastman, 2006).

3. Resultados

La comparativa diacrónica de las imágenes sobre el uso del suelo, denota una ligera pérdida del espacio natural representado por los bosques, frente al incremento de las zonas destinadas al cultivo arbóreo y las tierras sin cultivar, así como una reducción de las áreas destinadas al cultivo de cereal en beneficio de los cultivos arbóreos de frutales y olivar (Figura 5).

Figura 5. Mapas de usos del suelo en la subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza durante los años 2000 (A) y 2014 (B)



Leyenda: 1. Bosques, 2. Arboricultura, 3. Cultivos anuales, 4. Terrenos no cultivados/pastos, 5. Límites de subcuenca hidrográfica, 6. Ríos permanentes, 7. Puntos altimétricos.

Elaboración propia

3.1. Cambios en los usos del suelo

Los 14 años transcurridos entre 2000 y 2014 (Tabla 2), se traducen en un uso del suelo, en la subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza, donde prevalece el aumento de las zonas destinadas a cultivos arbóreos (81,74%) y de los terrenos sin cultivar/pastos (36,8%), frente a una reducción de las zonas con cultivos anuales, fundamentalmente cereal (-17,22%) y bosques naturales o reforestados (-5,19%). Esta tendencia ya ha sido constatada en la subcuenca del Oued Tleta en el Pre-Rif oriental, como parte de la cuenca hidrográfica del Oued Larbâa, donde su estudio diacrónico también puso de manifiesto el aumento de los cultivos arbóreos de frutales (15,82%), los pastos y las tierras sin cultivar (34,75%), frente a una reducción de las áreas destinadas a los cultivos anuales (-8,52%) y sobre todo a los bosques, que lo hicieron en un -30,31% (Tribak, Abahrour, El Garouani, Arari & Amhani, 2017). En el caso de estudio, el importante aumento de las tierras no cultivadas/pastos, superior al 36% en la subcuenca, está estrechamente vinculado al abandono de los terrenos agrícolas por el éxodo rural acelerado. Igualmente, las sequías recurrentes de las últimas décadas y la débil rentabilidad de la agricultura unidas a la evolución de las mentalidades, ha provocado un desinterés creciente en las generaciones más jóvenes por la actividad agrícola que fomenta el abandono rural en numerosos lugares de la región (Tribak, 2000). Ello ha supuesto una reducción de las superficies agrícolas e incluso, el abandono total o su dedicación a pastos de algunos campos no siempre marginales al incluir también tierras muy buenas sobre pendientes moderadas y las cuales alcanzaban en 2014, algo más del 28% de la superficie total.

Tabla 2. Evolución diacrónica de los usos del suelo durante el periodo 2000-2014 en la subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza

Uso del suelo	Año 2000		Año 2014		2000-2014 (±Δ %)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Bosque	2,31	3,15	2,19	2,99	-5,19
Cultivos arbóreos	7,23	9,86	13,14	17,91	81,74
Cultivos anuales	54,18	73,87	44,85	61,15	-17,22
Sin cultivar/pastos	9,62	13,12	13,16	17,95	36,80
Total	73,34	100	73,34	100	

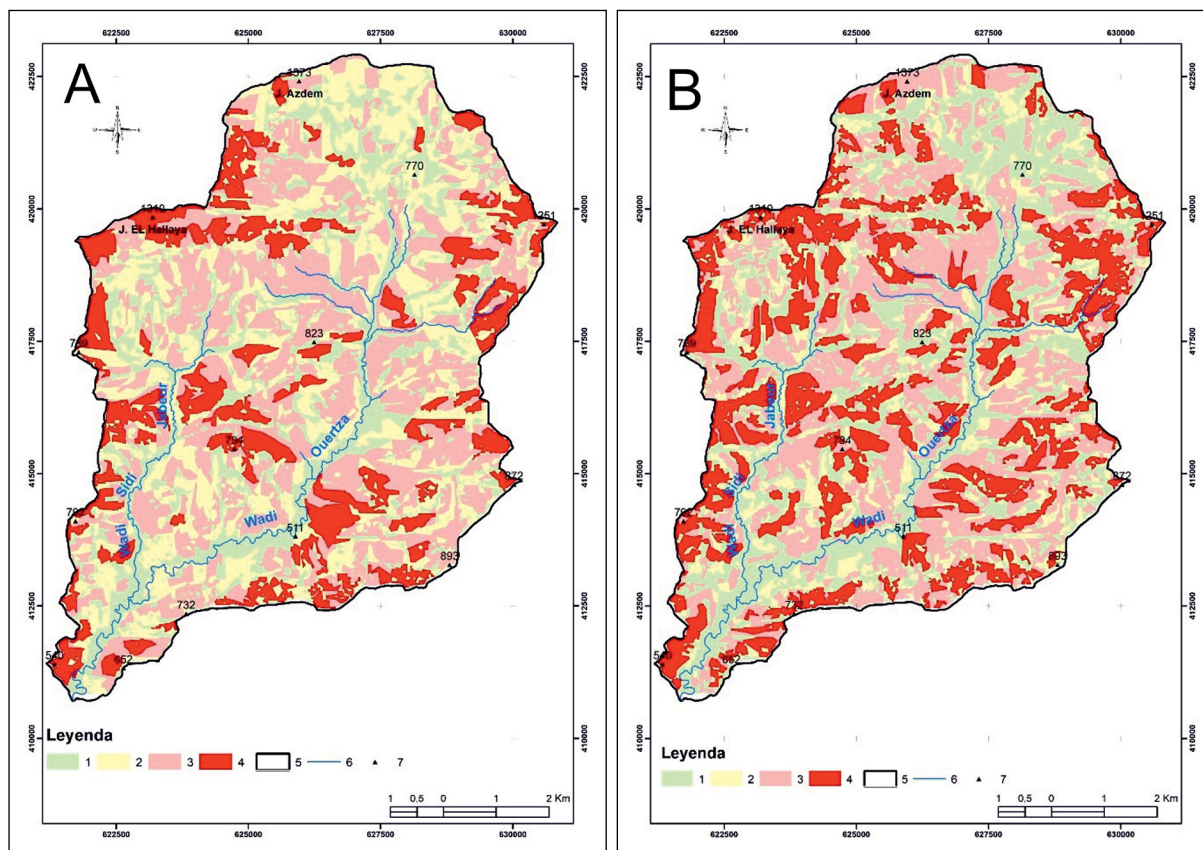
Elaboración propia

3.2. Cartografía y estimación de pérdida de suelo

Los mapas de pérdida de suelo obtenidos a partir de los diferentes parámetros que conforman la RUSLE, permiten apreciar tanto la magnitud de las pérdidas en tierras de la región como su gran variabilidad entre sectores (Figura 6). La pérdida media ponderada según la superficie se estima en $43,41 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, es decir, un total de $318.000 \text{ t} \cdot \text{año}^{-1}$ para toda la subcuenca en 2014. Estos resultados representan una producción importante de sedimentos que excede ampliamente el umbral de tolerancia de los suelos y que se relaciona, estrechamente, con la considerable extensión de los materiales margosos lábiles y el predominio de las pendientes fuertes y desnudas.

En cuanto a la distribución espacial de las pérdidas de suelo en la subcuenca para 2014, destaca igualmente la importancia del intervalo $20-32 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ y las superiores a las $32 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ que ocupan 23,23 y 19,48 ha respectivamente. Esto es, un 32,14% y un 26,95% de la superficie de la subcuenca. Este último intervalo es el que experimentó el mayor incremento entre 2000 y 2014, con un 51,48% (Tabla 3). La preponderancia de estas dos clases debe entenderse vinculada con la extensión considerable de las tierras no cultivadas y dedicadas al pastoreo, donde la producción de sedimentos es excesiva. Así se confirma en la cartografía de usos y pérdida de suelos (Figuras 5 y 6), donde se aprecia que las zonas con altas pérdidas de suelo corresponden en términos de uso, principalmente a los terrenos no cultivados y abandonados del sector suroccidental, así como a las tierras de cultivo anual. Por su parte, las tierras actualmente en barbecho/pastizal y en las cuales las estructuras del suelo están significativamente más degradadas, son las que están sometidas a mayores coeficientes de escorrentía y, por tanto, las más favorables al aumento de los procesos de erosión y producción de sedimentos.

Figura 6. Mapa de pérdida de suelos de la subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza establecida mediante el modelo RUSLE para los años 2000 (A) y 2014 (B) en $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$



Leyenda: 1. 0-7, 2. >7-20, 3. >20-32, 4. >32, 5. Límites de subcuenca hidrográfica, 6. Ríos permanentes, 7. Puntos altimétricos

Elaboración propia

Tabla 3. Evolución de los volúmenes de pérdida en suelo para la subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza entre los años 2000 y 2014

Tasas de erosión ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)	Año 2000 Superficie		Año 2014 Superficie		2000-2014 ($\pm \Delta$ %)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
< 7	14,55	20,09	20,71	28,65	42,34
7-20	20,2	27,90	8,86	12,26	-56,14
>20-32	28,8	34,25	23,23	32,14	-6,33
>32	12,86	17,76	19,48	26,95	51,48

Elaboración propia

La evolución de las pérdidas de suelo según su uso entre los años 2000 y 2014, muestra cómo las no cultivadas y sometidas al pastoreo son las que permanecen siempre a la cabeza en tasas de erosión con $65,81 t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ en el 2000 y $81,55 t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$, catorce años después. A tenor de las pérdidas de suelo por tipo de ocupación (Tabla 4), estas varían entre las $3,35 t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ en 2014, como valor mínimo obtenido en las parcelas de bosque y las $81,55 t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$, como valor máximo registrado en las tierras no cultivadas y pastizales sobre badlands. Estas últimas se corresponden, por lo general, con regosoles o suelos erosionados de escaso desarrollo y situados sobre terrenos fundamentalmente margosos con pendientes elevadas que superan el 25% del territorio. Las áreas donde se implantan los cultivos anuales y la arboricultura manifiestan, igualmente en 2014, una fuerte susceptibilidad a la erosión con pérdidas anuales de $48,59$ y $29,48 t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ respectivamente. La reducción de las tasas de erosión en los terrenos destinados a los cultivos arbóreos en proporción a su extensión sobre la cuenca (18%) se encuentra relacionada, muy pro-

bablemente, con el notable incremento de las zonas destinadas a la arboricultura (+81,74%); sobre todo en lo referente al olivar cuya extensión, en las últimas décadas, es patente sobre la mayor parte de las laderas.

Tabla 4. Evolución de la pérdida de suelo según los tipos de usos para la subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza entre los años 2000 y 2014

Uso del suelo	Año 2000			Año 2014		
	Superficie (ha)	Pérdida suelo (%)	Pérdida suelo (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)	Superficie (ha)	Pérdida suelo (%)	Pérdida suelo (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)
Bosque	2,31	3,15	3,17	2,19	2,99	3,35
Cultivos arbóreos	7,23	9,86	17,41	13,14	17,91	29,49
Cultivos anuales	54,18	73,87	60,62	44,85	61,15	48,59
Sin cultivar/ pastos	9,62	13,12	65,81	13,16	17,95	81,56

Elaboración propia

4. Discusión

La tendencia que muestra la subcuenca hidrográfica del Oued Ourtza al aumento de los cultivos arbóreos y los terrenos sin cultivar/pastos entre 2000 y 2014 (Figura 5, Tabla 2), confirma los resultados obtenidos en otras cuencas cercanas del Pre-Rif oriental (Tribak *et al.*, 2017) y representa un fenómeno reciente y creciente que debe ser considerado como factor clave en los cambios del paisaje y la inestabilidad del medio de esta región del Pre-Rif durante el inicio del siglo XXI. Este fenómeno que comenzó en España a mediados del siglo XX, con el abandono de tierras marginales y continuó durante los años 80, sobre todo, a partir de la entrada en la Unión Europea (Rodríguez Juan & Romero Díaz, 2016), aquí comienza en la década de los 80 y se mantiene hasta la actualidad. El proceso, por tanto, guardaría cierta similitud con lo acontecido en las zonas semiáridas mediterráneas donde la revegetación es un proceso lento, sobre todo con sobrepastoreo e intensas precipitaciones. Y no, con lo sucedido en las áreas de montaña mediterránea templado-húmeda donde, tras el abandono, se da un proceso de sucesión vegetal más rápido que disminuye las tasas de erosión respecto a las del uso agrícola previo (García-Ruiz, 2010).

En la subcuenca del Oued Ourtza, tras el abandono o el barbecho prolongado, se produce la rápida compactación de los campos desnudos con el consiguiente incremento de la degradación estructural de las antiguas superficies agrícolas, formación de costras y concentración de los flujos hídricos. Especialmente cuando se trata de terrenos intensamente surcados por el paso de los rebaños, y por tanto con coeficientes de escorrentía muy altos incluso para parcelas con pedregosidad y presencia de matas secas de maleza, que pudieran favorecer cierta rugosidad.

De manera similar, las pérdidas de suelo no agrícola que espacialmente son bajas (17,95%) respecto a los campos aún trabajados (Tabla 4), registran tasas de erosión anuales más altas debido a la frecuencia de la escorrentía durante todo el año (Tribak *et al.*, 2012a, b). A este respecto, las simulaciones de lluvia efectuadas sobre micro-parcelas en pendiente en la subcuenca limítrofe a la del Oued Tleta, han permitido constatar que la evolución de la escorrentía en parcelas aradas es débil en comparación con otros tipos de uso del suelo (Tribak *et al.*, 2012b; Abahrour, Tribak & El Garouani, 2015). De hecho, se comprueba que las tasas de infiltración siguen siendo muy altas en las tierras aradas y superan con creces las tasas registradas en tierras abandonadas, de pastos o en barbecho. Esto es aún más cierto para los vertisoles, ampliamente distribuidos en la subcuenca, así como para los suelos calcimagnésicos. Las tasas de infiltración en las tierras aradas generalmente se mantienen por encima de los 50 mm·h⁻¹, incluso al final de la simulación. En cambio, descienden hasta los 15 mm·h⁻¹ en terrenos abandonados o de pastos donde las superficies de los suelos cerradas son predominantes, lo que puede representar hasta el 30% de la extensión total de la subcuenca hidrográfica en otoño y el 75% en invierno. Por lo tanto, los coeficientes de escorrentía permanecen muy altos en los vertisoles de las tierras abandonadas pudiendo alcanzar un máximo del 79% (K max) a finales del verano y principios del otoño (Abahrour, 2009; Abahrour *et al.*, 2015). Esto mismo ha podido comprobarse en las montañas argelinas, donde el coeficiente de escorrentía máximo puede alcanzar el 85% durante las fuertes lluvias que afectan a los terrenos desnudos y compactos (Roose *et al.*, 1993). E incluso, mediante estudios experimentales, en la Cuenca del Telfitt (Argelia),

donde se ha demostrado que trabajar los suelos arcillosos profundos puede reducir el coeficiente de escoorrentía hasta en un 90% (GTZ, 1996).

En la zona del Oued Ourtza, la tasa media de pérdida ponderada de suelo según la superficie se ha estimado con el modelo en $43,41 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, lo que supone unas pérdidas anuales globales de suelo de $318.000 \text{ t}\cdot\text{año}^{-1}$ para toda la subcuenca en 2014. Estos resultados hay que entenderlos en un entorno donde es considerable la extensión de los materiales margosos lábiles y el predominio de las pendientes fuertes y desnudas. Por lo que, en el contexto del Magreb, los resultados se encuentran en un rango medio-bajo en comparación con otros estudios previos (Tabla 5), aunque no lo suficientemente alejados de los máximos de hasta $60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ que alcanzan las cuencas margosas periféricas carentes de vegetación del Pre-Rif con variaciones de entre 18 y $109 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, dependiendo de las laderas (Lelandais & Fabre, 1996). A ello se añade en este caso, el papel de las actividades humanas y de los modos de ocupación del suelo como elementos más destacados para explicar la aceleración de los fenómenos erosivos y su distribución territorial. En especial a la hora de abordar la gran extensión que alcanzan las áreas de terrenos baldíos y badlands en la región y que obedece, fundamentalmente, al abandono de ciertos sectores por el fenómeno migratorio de las últimas décadas. La falta de trabajos de conservación de suelos frente a la erosión en ellos, provoca que las parcelas abandonadas se conviertan en lugares propensos a los procesos de arroyada y erosión (Maurer, 1991; Tribak, Arari, Abahrour, El Garouani & Amhani, 2015). Las observaciones de campo ponen de manifiesto que, en realidad, las parcelas abandonadas, particularmente las de exposición sur, son las más deterioradas por la erosión y por tanto las que producen las mayores cantidades de sedimentos.

Tabla 5. Pérdida media de suelo en algunas cuencas hidrográficas Rifeñas

Cuenca-vertiente (situación)	Fuente (método)	Superficie (km ²)	Litología	Pérdida media (t·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)
Oued Tleta, (Pre-Rif oriental)	Tribak <i>et al.</i> , 2009 (USLE)	123	Margas, margo-calizas y margas arenosas	61
Oued Nakhla (Rif occidental)	Naimi <i>et al.</i> , 2004 (Campo)	111	Margas y flyschs	65
Oued Boussouab (Rif oriental)	Sadiki <i>et al.</i> , 2004 (USLE)	252	Pelitas negras, margas y margo-calizas	55
Oued El Mellah (Pre-Rif central)	El Aroussi <i>et al.</i> , 2011 (RUSLE)	34	Calizas, margas y areniscas con conglomerados	41
Oued Kalaya (Rif noroccidental)	Khali, Ben, LechHab, Raissouni, El Arrim, 2016 (USLE)	38	Flysch arcillo-calcáreo y detrítico, formaciones pelítico-areniscosas	34
Oued Sania (Rif noroccidental)	Tahiri, Tabyaoui, El Hammichi, Tahiri & El Hadi, 2014 (RUSLE, USLE)	177	Formaciones margo-arcillosas y areno-cuarcíticas	47
Oued Ourtza (Pre-Rif oriental)	Este trabajo (RUSLE)	73	Formaciones margosas y margo-areniscosas	43

Elaboración propia

Con respecto al entorno del Mediterráneo occidental, la aplicación de los modelos USLE y RUSLE en diferentes subcuencas del río Segura (Murcia) o Guadalquivir, arrojan tasas de erosión de entre 30,2 y $80,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, siempre asociadas a episodios intensos de precipitación (Moreira Madueño, 1991; López Bermúdez, 2003; García-Ruiz, 2010). La similitud de estos datos con medidas experimentales y algunos ejercicios limitados de calibración del modelo RUSLE (Vanwalleghem, Infante, González, Soto, & Alfonso, 2011; Alfonso, 2015), sugieren cierta viabilidad de su uso para la predicción. En los mismos términos se manifiestan las estimaciones de pérdidas de suelo, según el modelo RUSLE, obtenidas en las colinas de Terrefort Laugarain, en el sur de Francia. Aquí, en el sector sur del Valle de Hers con cultivos de cereal y pastos, el 81% de los valores de erosión son superiores a las $60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ y el 70% están comprendidos entre las 31 y las $60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, lo que representa el 51% del área de la cuenca (Morscell & Fox, 2004). Frente a estas cifras, el aumento de los cultivos arbóreos como el olivar, sobre todo si van acompañados de un manejo sostenible basado en el porcentaje de cobertura durante los periodos erosivos (labranza

tradicional), pueden reducir ostensiblemente los problemas de erosión y la escorrentía si se implantan sobre suelos degradados o abandonados.

En cuanto a los resultados de este trabajo, no cabe duda que una validación rigurosa de los valores obtenidos, requiere de una correspondencia de estas estimaciones con mediciones realizadas en campo. Sobre todo, cuando los usos y cubiertas de suelo se obtienen mediante teledetección aunque se hayan validado en parte sobre el terreno. No obstante, para territorios relativamente extensos, con difícil acceso y carentes de otras fuentes de información, el modelo RUSLE se muestra como el más eficaz en sus resultados pues reduce el número de datos secundarios que requiere y su tratamiento mediante SIG (Renard *et al.*, 1997; Van der Knijff *et al.*, 2000). Desafortunadamente, en ausencia de un programa de seguimiento y de medida de la erosión en la región, sigue siendo imposible cuantificar la precisión de las estimaciones. No obstante, las mediciones en parcelas experimentales sobre laderas semiáridas realizadas en el noroeste de Argelia, muestran que la erosión laminar varía entre las 2 y las 6 t·ha⁻¹·año⁻¹ para suelos desnudos y las 0,3 a 1,5 t·ha⁻¹·año⁻¹ en parcelas con cultivos tradicionales (Morscelli & Fox, 2004). De igual modo, los resultados de las mediciones de erosión del suelo obtenidos en tierras cultivadas de la cuenca del Oued Nakhla (Rif occidental), arrojan un promedio de 1,15 t·ha⁻¹·año⁻¹, lo que representa sólo el 6,2% del valor medio de degradación de los suelos que registra el embalse de la presa Nakhla por batimetría, que es del orden de 18,8 t·ha⁻¹·año⁻¹ (Moukhchane, 2002). Por lo tanto, parece evidente que existe una discrepancia entre las mediciones en parcelas experimentales y las estimaciones basadas en modelos. Los modelos, generalmente, tienden a sobreestimar las tasas de erosión en ambientes mediterráneos donde la movilización de sedimentos se efectúa principalmente durante precipitaciones extremadamente intensas (Poesen & Hooke, 1997; Wainwright & Thornes, 2004; López-Vicente, Navas & Mach, 2008). Además, los bajos valores de erosión obtenidos a escala de campo pueden estar relacionados con la ausencia de precipitaciones extremas durante el período experimental o simplemente con una variación de los factores relativos a las características de la litología, las pendientes, los suelos y sus modos de uso; parámetros que controlan enormemente la naturaleza de las arroyadas superficiales y la producción de sedimentos. Junto a esto, debe tenerse en cuenta también que la erosión, en las parcelas observadas, es esencialmente una erosión laminar y, por tanto, no concierne a todos los procesos de erosión involucrados en la producción de sedimentos a escala de cuenca, tales como cárcavas, zonas de badlands y soliflujión. Por ello, los resultados de las medidas antes mencionadas, ya sea en Argelia o en el Rif marroquí, suministran información sobre el efecto de la puesta en cultivo o abandono de tierras en entornos montañosos, pero aún son insuficientes para identificar el conjunto de procesos de erosión que se combinan para producir las enormes cantidades de sedimentos registrados a escala de cuenca. Por lo tanto, en el caso de la cuenca del Oued Ourtza, los valores absolutos proporcionados por el modelo RUSLE pueden considerarse aceptables debido a la enorme extensión de las zonas de badlands y cárcavas como productoras principales de la mayoría de los sedimentos. De manera similar, la distribución espacial de las cantidades erosionadas a escala de cuenca, en función de los diferentes usos de los suelos, estarán próximas a la realidad por cuanto las medidas concernientes a la cantidad de suelos erosionados a partir de incisiones elementales generadas después de eventos lluviosos excepcionales, alcanzan tasas de erosión a nivel de hectárea de hasta 140 t, para suelos poco evolucionados y durante un evento de lluvia muy intenso (Tribak *et al.*, 2012b).

5. Conclusiones

Se constata, una vez más, que los suelos y formaciones superficiales ubicados sobre terrenos esencialmente margosos manifiestan una gran susceptibilidad a la erosión, tanto más evidente cuanto más desprovistos están de vegetación y cultivos. La cartografía de la evolución de la ocupación del suelo a partir de datos de teledetección de una parte y de la evaluación cuantitativa de la erosión hídrica de otra, confirman que el Pre-Rif ha entrado en una tendencia regional a la sustitución de los cultivos tradicionales de cereal por los arbóreos, fundamentalmente frutales y olivos, junto a un importante abandono de las tierras (36,8%) que duplica al registrado en el sureste de España para estas mismas fechas. Esto supone que, frente al incremento de los coeficientes de escorrentía en las zonas de cultivo anual abandonadas, sobre todo si hay sobrepastoreo, se registre una reducción en los nuevos cultivos de olivar que de alguna forma compensan los datos globales a nivel de cuenca. Ello explicaría que las pérdidas de suelo obtenidas mediante el modelo, superiores en promedio a las 40 t·ha⁻¹·año⁻¹ y muy por encima de los umbrales de tolerancia de pérdida de suelo de la región, se sitúen por debajo de la media del Rif marroquí.

Aunque estas tasas —obtenidas mediante modelo RUSLE— no son extraordinarias a nivel del entorno mediterráneo ($>50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en los casos extremos de Europa), ni siquiera de la región del Rif marroquí ($>55 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$); no es menos cierto que reflejan un importante ritmo de erosión que procede, en su mayoría, de los terrenos no cultivados y dedicados al pastoreo, sobre pendientes pronunciadas y con tasas superiores a las $80 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en 2014, así como a los cultivos anuales y barbechos (61,15%).

Se confirma pues, que la producción de sedimentos es excesiva en el contexto de la comarca, lo que supone una amenaza, además de a la productividad de los suelos, para las infraestructuras situadas río abajo dentro de la cuenca del Oued Inaouene. No obstante, cabe señalar que, a falta de medidas de contención a adoptar por las administraciones implicadas, la extensión de los cultivos arbóreos (frutales y fundamentalmente olivar), que no deja de ganar terreno en el conjunto de la subcuenca hidrográfica frente al cereal y otros cultivos anuales, representa por su mayor cobertura y permanencia temporal, un factor determinante a la hora de contener la evolución en las pérdidas de suelo, especialmente en ciertas laderas sometidas a ordenación y laboreo tradicional.

Referencias

- Abahrour, M., Tribak, A., El Garouani, A. (2015). Dynamique du ruissellement et de l'érosion sur les terrains laboures du Prerif oriental: Cas du bassin de l'oued Telata. Dans: *Actes du Deuxième Colloque international Eau & Climat: Regards croisés Nord/Sud* (pp. 99-105). Fès (Maroc).
- Alfonso, J. (2015). Procesos erosivos en olivar en Andalucía a diferentes escalas: entendimiento, magnitud, implicaciones e intentos de control. En M.F. Moreno, J.R. Cañas (Eds.), *Actas de las IV Jornadas de Ingeniería del Agua* (pp. 59-69). Córdoba.
- Arnoldus, H.M.J. (1980). Methodology used to determine the maximum average soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. *Bulletin FAO*, 34, 39-48.
- Bonn, F. (1998). La spatialisation des modèles d'érosion des sols à l'aide de la télédétection et des SIG: Possibilités, erreurs et limites. *Sécheresse*, 9(3), 185-192.
- De Santisteban, L.M., Casali, J., López, J.J. (2006). Assessing soil erosion rates in cultivated areas of Navarre (Spain). *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 487-506. <http://dx.doi.org/10.1002/esp.1281>
- DGTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). (1996). L'aménagement des zones marneuses dans les bassins-versants des montagnes de l'Atlas Tellien semi-aride (Algérie), GTZ im TZ-Verlag, Schriftenreihe.
- Eastman, J.R. (2006). *Idrisi Andes Manuel: Guide to SIG and Image Processing*. Worcester: USA Clark University, Idrisi Production.
- El Aroussi, O., Mesrar, L., El Garouani, A., Lahrach, A., Benabidate, L., Akdim, B., Jabrane, R. (2011). Predicting the potential annual soil loss using the revised universal soil loss equation (RUSLE) in the Wadi el malleh catchment (prerif, Morocco). *Present Environment and Sustainable Development*, 5(2), 5-15.
- El Garouani, A., Chen, H., Lewis, L.A., Tribak, A., Abahrour, M. (2009). Evaluation du bilan d'érosion et de dépôt des sols au pré-Rif (Maroc) en utilisant le modèle RUSLE, la télédétection et analyse spatiale. *Revue Internationale de Géomatique*, 19(3), 303-317. <https://doi.org/10.3166/geo.19.303-319>
- Francis, C. (1986). Soil erosion on fallow fields: an example from Murcia. *Papeles de Geografía*, 11, 21-28.
- García-Ruiz, J.M. (2010). The effects of land use on soil erosion in Spain: a review. *Catena*, 81, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.01.001>
- García-Ruiz, J.M., Ruiz Flaño, P., Lasanta, P., Montserrat, G., Martínez Rica, J.P., Pardini, G. (1991). Erosion in abandoned fields, what is the problema? In M. Sala, J.L. Rubio, J.M. García-Ruiz (Eds.), *Soils erosion studies in Spain* (pp. 97-108). Logroño: Geofoma Ediciones.
- García-Ruiz, J.M., Lasanta, T. (Eds.) (1994). *Efectos geomorfológicos del abandono de tierras*. Sociedad Española de Geomorfología. Logroño: Geofoma Ediciones.
- Gartet, A. (1994). *Morphogénèse et hydrologie dans le bassin-versant de l'oued Lebène (Rif Méridional et Prerif Central et Oriental, Maroc)* (Thèse de doctorat en Géographie). Université d'Aix Marseille I, Institut de Géographie Aix-en-Provence.

- Gómez, J.A., Romero, P., Giráldez, J.V., Fereres, E. (2004). Experimental assessment of runoff and soil erosion in an olive grove on a Vertic soil in southern Spain as affected by soil management. *Soil Use and Management*, 20, 426-431. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2004.tb00392.x>
- HCP (Haut Commissariat au Plan). (2004). Recensement général des populations et de l'habitat, Rabat.
- Heusch, B. (1990). L'érosion dans le Pré-rif: une étude quantitative de l'érosion hydraulique dans les collines marneuses du Pré-rif occidental. *Annales des recherches forestières*, 12, 9-176.
- Kalman, R. (1967). Essai d'évaluation pour le pré-Rif du facteur couverture végétale de la formule de Wischmeier de calcul de l'érosion. In *Rapport de la Direction des eaux et forêts* (12 p.), Rabat.
- Kinnell, P.I.A. (2010). Event soil loss, runoff and the Universal Soil Loss Equation family of models. *Review Journal of Hydrology*. 385(1-4), 384-397. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.01.024>
- Khali, L., Ben, H., LechHab, K., Raissouni, A., El Arrim, A. (2016). Cartographie Quantitative du Risque d'Erosion des Sols par Approche SIG/USLE au Niveau du Bassin Versant Kalaya (Maroc Nord Occidental). *Journal of Materials Environmental Science* 7(8), 2778-2795. Retrieved from http://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol7/vol7_N8/291-JMES-2151-Khali%20Issa.pdf
- La Roca, N. (1984). La erosión por arroyada en una estación experimental (Requena, Valencia). *Cuadernos de Investigaciones Geográficas*, X, 85-98. <https://doi.org/10.18172/cig.927>
- Leblanc, D. (1979). Etude géologique du Rif externe oriental au Nord de Taza (Maroc). Dans: *Notes et Mémoires*, Rabat: Service Géologique Marocain.
- Lelandais, F., Fabre, G. (1996). Plan d'aménagement anti-érosif du bassin-versant de l'oued Ouergha (Maroc), Risques d'érosion et systèmes d'information géographique. *Bull. Réseau Erosion*. 16, 439-443.
- Lewis, A.L., Verstraeten, G., Zhu, H. (2005). RUSLE applied in a GIS framework: Calculating the LS factor and deriving homogeneous patches for estimating soil loss. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(7), 809-829. <https://doi.org/10.1080/13658810500105705>
- López Bermúdez, F. (1989). Incidencia de la erosión hídrica en la desertificación de una cuenca fluvial mediterránea semiárida: cuenca del Segura. En: *Degradación de zonas áridas en el entorno mediterráneo español* (pp. 63-81). Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente, Madrid: MOPU.
- López Bermúdez, F. (2003). Evaluación de la erosión hídrica en las áreas receptoras de los embalses de la Cuenca del Segura. Aplicación de la USLE. En: F. López-Bermúdez, J.B. Thornes (Eds.). *Estudios sobre Geomorfología del Sur de España* (pp. 93-99). Murcia: Universidad de Murcia y University of Bristol.
- Lopez-Vicente, M., Navas, A., Mach, J. (2008). Identifying erosive periods by using RUSLE factors in mountain fields of the Central Spanish Pyrenees. *Hydrological and Earth System Sciences*, 12, 523-535. Retrieved from <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/12/523/2008/>
- MADREF (Ministère de l'Agriculture, du Développement rural et des Eaux et Forêts), (1994). Plan national d'aménagement des bassins-versants. Rapport de synthèse. Rabat.
- MAMVA (Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole) (1993). Étude de préparation du plan national d'aménagement des bassins versants, Rabat.
- Maurer, G. (1991). Les dynamiques agraires dans les montagnes rifaines et telliennes au Maghreb. *Bulletin de l'Association de Géographes. Français*, 68-4, 267-280. <https://doi.org/10.3406/bagf.1991.1584>
- Merzouk, A., Fenjiro, I., Laouina, A. (1996). Cartographie de l'évolution de formes d'érosion dans le Rif Occidental (Maroc): étude multirate utilisant un SIG-Bassin versant. *Bull Réseau Érosion*, 16, 444-456.
- Moreira Madueño, J.M. (1991). *Capacidad de uso y erosión de suelos. Una aproximación a la evaluación de tierras en Andalucía*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Moreno de las Heras, M., Lindenberger, F., Latron, J., Lana, N., Llorens, P., Arnáez, J., Romero Díaz, A., Gallart, F. (2019). Hydro-geomorphological consequence of the abandonment of agricultural terraces in the Mediterranean region: Key controlling factors and landscape stability patterns. *Geomorphology*, 333, 73-91. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.02.014>
- Morscell, J., Fox, D. (2004). Une méthode de la cartographie du risque érosif: application aux collines de Terrefort laugarais, M@ppemonde 76 (2004.4). Retrieved from <http://mappemonde-archiv.mgm.fr/num4/articles/art04404.pdf>
- Moukhchane, M. (2002). Différentes méthodes d'estimation de l'érosion dans le bassin versant du nakhla (Rif occidental, Maroc). *Bulletin Réseau érosion*, 5, 255-266

- Naimi, M., Tayaa, M., Ouzizi, S. (2004). Cartographie de formes d'érosion dans le bassin-versant de Nakhla (Rif occidental, Maroc). *Rev. Sécheresse* 16, 79-82.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, Chr., Lugato, E., Montanarella, L. (2015a). Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land Use Policy* 48, 38-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.02>
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., Alewell, Chr. (2015b). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy* 54, 438-447. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>
- Poesen, J.W.A., Hooke, J.M. (1997). Erosion flooding and channel management in mediterranean environments of southern Europe. *Progress in Physical Geography* 21(2), 157-199. <https://doi.org/10.1177/030913339702100201>
- Ramos, M. C., Porta, J. (1994). Rainfall intensity and erosive potentiality in the NE Spain Mediterranean area: results on sustainability of vineyards. *Il Nuovo Cimento*, 17, 291-299.
- Rango, A., Arnoldus, H.M.G. (1987). Aménagement des bassins versants. In: *Cahiers techniques de la FAO* (1-11).
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Porter, J.P. (1991). RUSLE: revised universal soil loss equation. *Journal Soil Water Conservation* 46(1), 30-33.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C. (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*, Washington, D.C.: Agricultural Handbook, n° 703.
- Robledano, F., Romero Díaz, A., Belmonte, F., Zapata, V.M., Matínez, C., Martínez López, V. (2014). Ecogeomorphological consequences of land abandonment in semiarid mediterranean áreas: integrated assessment of physical evolution biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 197, 222-242. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.08.006>
- Rodriguez Juan, J.E., Romero Díaz, A. (2016). Evolución del abandono de tierras de cultivo en la comarca oriental de la Región de Murcia. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 71, 9-29. <https://doi.org/10.21138/bage.2272>
- Romero Díaz, M.A., López Bermúdez, F., Thornes, J.B., Francis, C.F., Fisher, G.C. (1988). Variability of overland Flow erosion rates in a semi-arid mediterranean environment under matorral cover, Murcia, Spain. *Catena Supplement*, 13, 1-11.
- Romero Díaz, M.A. (2003). Influencia de la litología en las consecuencias del abandono de tierras de cultivo en medios mediterráneos semiáridos. *Papeles de Geografía*, 38, 151-165. Recuperado de <https://revistas.um.es/geografia/article/view/46031>
- Roose, E. (1996). Land husbandry, components and strategy. In: *Soils Bulletin* FAO, 70, Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/T1765E>.
- Roose, E., Arabi, M., Brahamia, K., Chebbani, R., Mazour, M., Morsli, B. (1993). Érosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne Réduction de risques érosifs et intensification de la production agricole par la GCES: synthèse des campagnes 1984-1995 sur un réseau de 50 parcelles d'érosion. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*, XXVIII (2), 289-308.
- Ruiz-Flaño, P. (1993). *Procesos de erosión en campos abandonados del Pirineo*. Logroño: Geoforma Ediciones.
- Sadiki, A., Bouhlassa, S.J., Auajjar, J., Faleh, A., Macaire, J.J. (2004). Utilisation d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie de risques d'érosion par l'équation universelle des pertes en sol dans le Rif oriental (Maroc): cas du bassin versant de l'oued Boussouab, *Bulletin de l'Institut Scientifique Rabat, section Sciences de la Terre*, 26, 69-79. Retrieved from [http://www.israbat.ac.ma/wp-content/uploads/2015/03/05-%20Sadiki%20et%20al.%20\(69-79\).pdf](http://www.israbat.ac.ma/wp-content/uploads/2015/03/05-%20Sadiki%20et%20al.%20(69-79).pdf)
- Sala, M. (1988). Slope runoff and sediment production in two mediterranean mountain environments. *Catena supplement*, 12, 13-29.
- Tahiri, M., Tabyaoui, H., El Hammichi, F., Tahiri, A., El Hadi, H. (2014). Evaluation et Quantification de l'Erosion et la Sédimentation à Partir des Modèles RUSLE, MUSLE et Déposition Intégrés dans un SIG. Application au Sous-Bassin de l'Oued Sania (Bassin de Tahaddart, Rif nord occidental, Maroc), *European Journal of Scientific Research*, 125(2), 157-178.

- Toubal, A. K., Achite, M., Ouillon, S., & Dehni, A. (2018). Soil erodibility mapping using the RUSLE model to prioritize erosion control in the Wadi Sahouat basin, North-West of Algeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(4), 210. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6580-z>
- Tribak, A. (2000). *L'érosion hydrique en moyenne montagne du Préfif oriental (Maroc). Etude des agents et des processus d'érosion dans une zone de marnes tertiaires* (Thèse Doctorat d'Etat).
- Tribak, A., El Garouani, A., Abahrour, M. (2009). Évaluation quantitative de l'érosion hydrique sur les terrains marneux du PréRif oriental (Maroc): cas du sous-bassin de l'oued Tlata. *Sécheresse*. 20(4), 333-337. <https://doi.org/10.1684/sec.2009.0205>
- Tribak, A., El Garouani, A., Abahrour, M. (2012a). L'érosion hydrique dans les séries marneuses tertiaire du Préfif oriental: agents, processus et évaluation quantitative. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 1, 47-52. <https://core.ac.uk/download/pdf/230579653.pdf>
- Tribak, A., El Garouani, A., Abahrour, M. (2012b). hydrous erosion in the catchment area of the wadi larbaa (Rif mountains, Morocco): agents, processe and modeling. *Present Environment and Sustainable Development*, 6(2), 7-20. <https://www.researchgate.net/publication/286918757>
- Tribak, A., Arari, K., Abahrour, M., El Garouani, A., Amhani, Z. (2015). Quantitative assessment of the hydric erosion and the deposition in a marly catchment of the eastern Rif (case of wadi Tarmast, Morocco). *Annals of Valahia University of Targoviste. Geographical Series*, 15(2), 101-24. <https://fsu.valahia.ro/images/avutgs/1/2015/2015150204.pdf>
- Tribak, A., Abahrour, M., El Garouani, A., Arari, K., Amhani, Z. (2017). Evaluation quantitative de l'érosion hydrique dans un environnement méditerranéen: cas de quelques bassins marneux du préfif oriental maroc. In *Eau et climat en Afrique du Nord et au Moyen-Orient* (101-112). Târgoviste: Editions Transversal.
- Van der Knijff, J., Jones, R., Montanarella, L. (2000). *Soil erosion risk assessment in Europe: European Soil Bureau, European Commission*, Belgium. Retrieved from https://www.preventionweb.net/files/1581_ereurnew2.pdf
- Vanwalleghem, T., Infante, J., Gozález, M., Soto, D. & Alfonso, J. (2011). Quantifying the effect of historical soil management on soil erosion rates in Mediterranean olive orchards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 142, 341-351. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.06.003>
- Van Wesemael, B., Rambaud, X., Poesen, J., Muligan, M., Cammeraat, E., Stevens, A. (2006). Spatial patterns of land degradation and their impacts on the water balance of rainfed treecrops: a case study in South East Spain. *Geoderma*, 133, 43-56. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.03.036>
- Wainwright, J., Thornes, J.B. (2004). *Environmental Issues in the Mediterranean. Processes and Perspectives from the Past and Present* (479 pp.). London: Routledge.
- Wischmeier, W.H. (1976). Use and misuse of the universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 31(1), 5-9.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. In *Guide for conservation planning*. U.S. Department of Agriculture. Washington D.C.: Agriculture Handbook. Retrieved from <http://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>

Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante

Carretera de San Vicente del Raspeig s/n. 03690 - San Vicente del Raspeig - Alicante (España)

Tel.: (34) 965903400 Ext. 3380 - Fax: (34) 965909485

Correo electrónico: investigacionesgeograficas@ua.es

Sitio web: www.investigacionesgeograficas.com