

CUADERNOS GEOGRÁFICOS

Universidad de Granada

Número 63(1) (2024)

e-ISSN 2340-0129

ISSN 0210-5462

D. LEGAL: GR./392/1971



Dirección

Direction

Emilio Martínez Ibarra, Universidad de Granada, España

Secretarios de Revisión

Peer Reviewing Secretaries

Luis Miguel Sánchez Escolano, Universidad de Granada, España

Jonatan Arias García, Universidad de Granada, España

Editores Adjuntos

Associated Editors

Francisco Antonio Navarro Valverde, Universidad de Granada, España

Dr. Eugenio Cejudo García, Universidad de Granada, España

Joaquín Bosque Sendra, Universidad de Alcalá de Henares, España

José María Gómez Espín, Universidad de Murcia, España

Juan Antonio Márquez Domínguez, Universidad de Huelva, España

Juan Ignacio Plaza Gutiérrez, Universidad de Salamanca, España

María Elena Martín-Vivaldi Caballero, Universidad de Granada, España

María José Martos Fernández, Universidad de Granada, España

Marina Frolova Ignatieva, Universidad de Granada, España

Vicente Rodríguez-Rodríguez, CSIC Madrid, España

Sr. Juan Carlos Maroto Martos, Universidad de Granada, España

Comité Asesor

Advisory Board

Ana Fani Alessandri Carlos, Universidad de Sao Paulo, Brasil

Georges Bertrand, Universidad de Toulouse le Mirail et Cépage, Francia

Eramis Bueno Sánchez, Universidad Autónoma de Zacatecas, México

Francisco Calvo García-Tornel, Universidad de Murcia, España

Horacio Capel Saez, Universidad de Barcelona, España

Cristina Teresa Carballo, Universidad de Quilmes, Argentina

Sylvie Coupleux, Universidad de Artois, Francia

Sylvie Delmer, Université Lille1, Francia

Myriam X. Galleguillos, Universidad Alberto Hurtado, Chile

Arlinda García Coll, Universidad de Barcelona, España

Andrea Guaran, Universidad de Udine, Italia

Alicia Lindón, Universidad Autónoma Metropolitana, México

Javier Martín-Vide, Universidad de Barcelona, España

Eduardo Martínez de Pisón, Universidad Autónoma de Madrid, España

Jean-Paul Métaillé, Universidad de Toulouse Le Mirail, Francia

Irene Molina, Universidad de Uppsala, Suecia

Antonio Moreno Jiménez, Universidad Autónoma de Madrid, España

Jorge Olcina Cantos, Universidad de Alicante, España

Belén Pedregal Mateos, Universidad de Sevilla, España

Silvana Maria Pintaudi, Universidade Estadual Paulista, Brasil

Pedro Reques Velasco, Universidad de Cantabria, España

Eduardo Salinas Chaves, Universidad de La Habana, Cuba

María T. Sánchez Salazar, Universidad Nac. Autónoma de México, México

Brisa Varela, Universidad Nacional de Luján, Argentina

Florencio Zoido Naranjo, C. de Estudios de Paisaje y Territorio, España

Cuadernos Geográficos es una revista científica que se edita desde 1971 con el patrocinio de los Departamentos de Geografía y la Editorial de la Universidad de Granada. Esta publicación tiene por objeto difundir la investigación de calidad relativa a las relaciones entre la sociedad y el territorio que contribuya al desarrollo de la Ciencia Geográfica, en español, inglés y francés, obra principalmente de geógrafos, aunque esta abierta a otros científicos sociales y de las ciencias de la tierra. Se centra esencialmente en el Mundo Mediterráneo de ambas orillas y en Latinoamérica aunque no excluye otras áreas y problemáticas afines.

Cuadernos Geográficos is a scientific journal which has been in print since 1971 under the commission of the Department of Geography and University Press of Granada (Spain). The objective of this publication is to disseminate quality research having to do with the relationship between society and territory that contributes to the development of Geographical Science, in Spanish, English and French. The articles are mainly written by geographers, though it is open to other social and earth sciences. It focuses mainly on the Mediterranean world from both shores and Latin America, though it does not exclude others areas and their related issues.

Contacto de la Redacción

Editorial Office Contact Info

Departamento de Análisis Geográfico
Regional y Geografía Física
ó Departamento de Geografía Humana.

Universidad de Granada. Campus de Cartuja,
18071 Granada (España).

Teléfonos: (00-34) 958243644/958243628.

Fax: (00-34) 9586213/958243930.

e-mail: cuadgeo@ugr.es

Distribución

Distribution

Editorial Universidad de Granada.

Antiguo Colegio Máximo. Campus de Cartuja.
18071- Granada (España).

Teléfono: (00-34) 958243930

Sumario // Contents

Artículos / Articles

- 5-22 PABLO MARCO DOLS, HÉCTOR GARCÍA CRESPO
Impacto del COVID-19 en el transporte público urbano de las ciudades medias españolas
Impact of COVID-19 on urban public transport in medium-sized Spanish cities
- 23-40 ANNA ORTIZ GUITART, NÚRIA FONT CASASECA, MIGUEL SOLANA-SOLANA
Cuerpo, hogar y barrio: lugares y experiencias cotidianas de mujeres mayores en Barcelona
Body, home, and neighbourhood: places and everyday experiences of older women in Barcelona
- 41-64 RICARDO MANUEL LUQUE REVUELTO, DANIEL MORENO MUÑOZ, RAFAEL CAÑETE AYLLÓN
Análisis geográfico del viñedo en el norte de la provincia de Córdoba (España) durante la segunda mitad del siglo XIX
Geographical analysis of the vineyard in the north of the province of Córdoba (Spain) during the second half of the 19th century
- 65-83 AARÓN MOISÉS SANTANA CORDERO
Analyzing land cover change dynamism through a GIS-based method: application to Gran Canaria (Canary Islands, Spain)
Analizando la dinámica de cambios en las coberturas del suelo a través de un método con SIG: aplicación a Gran Canaria (Islas Canarias, España)
- 84-120 LUZ-MARÍA MARTÍN-DELGADO, JUAN-IGNACIO RENGIFO-GALLEGO, JOSÉ-MANUEL SÁNCHEZ-MARTÍN
The Tourist Potential of Hunting Reserves in the Dehesas of Extremadura
El potencial del turismo cinegético en los cotos adehesados de Extremadura
- 121-141 JORGE BLANCO IGLESIAS
El gradiente educativo y la fecundidad regional en España: una aproximación en el contexto de la segunda transición demográfica
The educational gradient and regional fertility in Spain: an approach within the second demographic transition context
- 142-157 LEANDRO MANUEL ALVAREZ, JUAN ANTONIO RIVERA, ALDANA CALDERÓN ARCHINA
Efectos de la variabilidad climática y las políticas hídricas en el Sitio Ramsar Lagunas de Guanacache (San Juan, Mendoza y San Luis, Argentina): cuando la gestión finaliza en los diques
Impacts of hydroclimatic variability and water policies in the Lagunas de Guanacache (San Juan, Mendoza and San Luis, Argentina): when management concludes at the dams
- 158-177 ROBERTO DÍEZ-PISONERO
Ciudades y conectividad: transporte aéreo y ferroviario de alta velocidad en España
Cities and connectivity: Air transportation and high-speed rail in Spain

- 178-198 JAVIER MARTÍ TALAVERA, ENRIQUE MOLTÓ MANTERO, GERMÁN SÁNCHEZ DÍAZ, ESTHER SÁNCHEZ ALMODÓVAR
Propuesta para el establecimiento de nuevas áreas de aviso por temperaturas máximas en la Región de Murcia (España)
Proposal for the establishment of new maximum temperature warning areas in the Region of Murcia (Spain)
- 199-219 ALDANA MASTRANDREA, GUILLERMO RAÚL ANGELES
Evaluación del riesgo hídrico en la cuenca del arroyo Napostá Grande (provincia de Buenos Aires, Argentina)
Assessment of water risk in the Napostá Grande stream basin (Buenos Aires province, Argentina)
- 220-240 ANIA GIL, JUAN AGUSTÍN ALVAREZ, FACUNDO ROJAS, ERICA CESCA, LEANDRO ALVAREZ, GUALBERTO ZALAZAR, JUAN PABLO FILI, MARÍA LAURA AGÜERO, PABLO EUGENIO VILLAGRA
Estado de conservación de los bosques de algarrobos en La Ciénaga y Huaco (Provincia de San Juan, Argentina): un aporte para el ordenamiento territorial de bosques nativos
Conservation status of algarrobo forests in La Ciénaga and Huaco (San Juan Province, Argentina): a contribution to the territorial planification of native forests
- 241-264 JOSÉ ANTONIO LÓPEZ FERNÁNDEZ
La representación social de la huerta y su patrimonio hidráulico como paisaje cultural: estudio exploratorio en Mula (Región de Murcia)
The social representation of the orchard and its hydraulic heritage as a cultural landscape: an exploratory study in Mula (Region of Murcia)
- 265-280 JUDITH LEY GARCÍA, FABIOLA MARIBEL DENEGRI DE DIOS
Diversidad y estabilidad delictiva en una ciudad fronteriza mexicana
Crime diversity and stability in a mexican border city
- 281-296 JACKSON BATISTA BITENCOURT, GLORIA MARIA VARGAS LÓPEZ DE MESA
Illegal pesticide trade networks on the Brazil and Paraguay border: escenarios following the Latin American Integration Route (LAIR) construction
Redes de comercio ilegal de plaguicidas en la frontera de Brasil y Paraguay: escenarios tras la construcción de la Ruta de Integración Latinoamericana (LAIR)
- 297-317 ENRIQUE DEL VALLE GRANDA, SALVADOR BEATO BERGUA, CARMEN RODRÍGUEZ PÉREZ, DANIEL HERRERA ARENAS
Análisis de susceptibilidad de aludes en la carretera del puerto de Somiedo (Asturias) y divulgación a través de Realidad aumentada
Snow avalanches susceptibility on the Somiedo road (Asturias) and its dissemination through Augmented Reality

Reseñas bibliográficas / Bibliographical references

- 318-321 MARÍA EGEA HERNÁNDEZ
Reseña de *Cuestiones de contexto en la digitalización de los entornos rurales*
A Review of Cuestiones de contexto en la digitalización de los entornos rurales
- 322-327 EGUZKI URTEAGA
Reseña de *La révolution agro-écologique*
Review of La révolution agro-écologique
- 328-331 ALEJANDRO VALLINA RODRÍGUEZ
Reseña de *El Canal del Gran Prior a finales del siglo XIX: El Informe del Ingeniero Echegaray*
A Review of El Canal del Gran Prior a finales del siglo XIX: El Informe del Ingeniero Echegaray

Impacto del COVID-19 en el transporte público urbano de las ciudades medias españolas

Impact of COVID-19 on urban public transport in medium-sized Spanish cities

PABLO MARCO DOLS¹  0000-0001-6269-4413

HÉCTOR GARCÍA CRESPO²  0000-0002-6914-2846

¹ Universitat Jaume I.

² Universidad de Burgos.

Resumen

El presente artículo analiza la repercusión que la pandemia de COVID-19 y las restricciones aplicadas para su contención han tenido sobre los servicios de transporte público urbano de las cinco ciudades españolas con una población comprendida en el intervalo de los 170 000 habitantes. Para ello se han estudiado los datos de viajeros de los distintos sistemas de transporte urbano de estas ciudades, se ha analizado su evolución a lo largo de la pandemia y en la denominada nueva normalidad, y se han comparado con los de años precedentes. El resultado muestra un descenso porcentual bastante similar en la mayoría de los casos, que asimismo se corresponde con la tendencia registrada en el conjunto de servicios urbanos de España. No se aprecia una relación entre el tráfico de viajeros existente en cada servicio antes de la pandemia y el descenso experimentado durante la misma. Sin embargo, aquellos municipios que previamente registraban un volumen de usuarios más elevado presentan en 2021 una mayor recuperación porcentual que aquellos cuyo volumen de viajeros era menor.

Fechas • Dates

Recibido: 2022.07.11
Aceptado: 2022.10.27
Publicado: 2024.01.22

Autor para correspondencia Corresponding Author

Pablo Marco Dols
pmarco@uji.es

Palabras clave: COVID-19, coronavirus, movilidad, transporte urbano, ciudades medias

Abstract

This article analyzes the impact that the COVID-19 pandemic and the restrictions applied to contain it have had on urban public transport services in the five Spanish cities with a population in the interval of 170,000 inhabitants. To do this, the passenger data of the different urban transport systems of these cities have been studied, their evolution throughout the pandemic and in the so-called new normality has been analyzed, and they have been compared with those of previous years. The result shows a fairly similar percentage decrease in most cases, which also corresponds to the trend registered in the set of urban services in Spain. There is no relationship between the existing passenger traffic in each service before the pandemic and the decrease experienced during it. However, those cities that previously registered a higher volume of users show a greater percentage recovery in 2021 than those whose volume of travelers was lower.

Keywords: COVID-19, coronavirus, mobility, urban transport, mid-size cities

1. Introducción

En diciembre de 2019 se empezaron a registrar en la ciudad china de Wuhan los primeros casos de COVID-19. Su rápida expansión fue el inicio de una pandemia mundial que hoy en día sigue cobrándose vidas. Para atajar esta situación y frenar el número de contagios, los gobiernos de todo el mundo empezaron a adoptar a lo largo de los primeros meses de 2020 diversas medidas para disminuir los contactos sociales. Estas disposiciones tuvieron una especial incidencia en la reducción de la movilidad de la población, registrándose una considerable disminución de los desplazamientos durante los periodos de aplicación de dichas restricciones. (Unión Internacional de Transporte Público [UITP], 2020a, p. 2).

El transporte público de viajeros se vio afectado por estas restricciones a la movilidad y por la limitación del grado de ocupación de los vehículos, y sufrió un trasvase de usuarios hacia otros medios percibidos como más seguros. De hecho, a pesar de los numerosos estudios que evidenciaron el bajo índice de contagios registrado en el transporte público (Ardila, 2020; Asociación de Transportes Públicos Urbanos y Metropolitanos [ATUC], 2020; Buda et al., 2020; Parlamento Europeo, 2020, p. 14), fueron muchos los ciudadanos que desconfiaban de los medios de transporte colectivo. El resultado, un desplome sin precedentes del tráfico que llegó a poner en peligro la propia financiación de estos servicios (UITP, 2020b, p. 5).

Paradójicamente, el transporte público se reveló, a la vez, como un elemento esencial para garantizar el acceso y la continuidad de los servicios básicos (UITP, 2020a, p. 1), así como un actor clave en la construcción de una movilidad más sostenible en la llamada «nueva normalidad».

Independiente de cuál sea el nuevo escenario que se acabe configurando, la nueva movilidad presenta claras diferencias respecto a la existente antes de la pandemia (Van Audenhove et al., 2020, pp. 35-36), con un auge de los medios blandos (Awad-Núñez, 2021; Pantiga-Facal et al., 2021) y la necesidad de una mayor colaboración entre los distintos modos y operadores (UITP, 2020c, p. 5). Esta movilidad sostenible resulta, además, fundamental para lograr unas ciudades más habitables y saludables, algo especialmente importante si se tiene en cuenta que la contaminación atmosférica sí es un factor que contribuye a un mayor impacto del COVID-19 (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020).

En España, las primeras restricciones se adoptaron a lo largo de los primeros días de marzo de 2020, y culminaron en la declaración del estado de alarma el 14 de aquel mismo mes, iniciando en todo el país un confinamiento de la población que se prolongaría hasta el mes de mayo (Real Decreto 463/2020). La paralización de las actividades consideradas como no esenciales, y la estricta limitación de la movilidad provocaron una brusca y excepcional caída del número de usuarios del transporte público urbano, con un descenso en el mes de abril del 91% de viajeros respecto al mismo periodo del año anterior (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2022). El paulatino restablecimiento de la actividad a lo largo de los meses siguientes permitió cierto incremento del volumen de viajeros, aunque sin recuperar las cifras previas a la pandemia, padeciéndose los efectos de los cambios acontecidos en los hábitos de movilidad y la infundada desconfianza generada en parte de la ciudadanía.

La afección que esta pandemia ha tenido sobre la movilidad en general, y sobre el transporte público en particular, ha sido objeto de numerosas investigaciones (Galeazzi et al., 2021), en las que se han analizado los cambios en los patrones de movilidad de la población a partir de muy diversos indicadores, detectándose en general no sólo una sensible reducción de los desplazamientos, sino incluso un cambio en los patrones de movilidad (Schlosser et al., 2020).

A nivel español, destacan trabajos como los de Aloi et al. (2020), Orro et al. (2020), Awad-Núñez et al. (2021), Pantiga-Facal et al. (2021) o Fernández-Pozo et al. (2022), referidos tanto al conjunto del territorio como a ciudades concretas. También la Estadística de Transporte de Viajeros (INE, 2022) aporta datos de gran interés, así como el estudio de movilidad llevado a cabo por el Ministerio de Transportes (2021).

En este contexto, el objetivo del presente artículo es analizar la repercusión que el COVID-19 ha tenido en la oferta y demanda de transporte público urbano de diversas ciudades medias españolas con un rango similar de población, así como determinar si existe alguna relación entre la diferente oferta de servicios y cifras de tráfico registradas antes de la pandemia y el comportamiento experimentado posteriormente.

El transporte lleva siendo objeto de estudio de la Geografía desde la institucionalización de ésta como materia académica. Así, desde los primeros trabajos de tipo descriptivo e histórico, a partir de la década de los años 50 del pasado siglo se produce una importante especialización de la mano de los nuevos paradigmas cuantitativos (Giménez, 1986). En esta segunda etapa, el incremento del tráfico rodado y la creciente problemática del transporte urbano convirtió a éste en una destacada materia de investigación geográfica (Torrego, 1986). De esta manera, el transporte en general, y el urbano en particular, son hoy en día un claro objeto de estudio geográfico, siendo sus aportaciones básicas para la planificación de las políticas de transporte y la definición de sus modelos (Seguí & Martínez, 2004). La Geografía puede, así, contribuir de forma destacada al análisis de la situación del transporte urbano y al diseño y aplicación de las actuaciones y mejoras necesarias.

En este sentido, el estudio del transporte en las ciudades medias resulta especialmente pertinente por diversas razones. Por un lado, las ciudades medias, pese a congregarse a buena parte de la población y presentar tasas superiores de crecimiento relativo coyuntural (Olazábal & Bellet, 2019) han sido históricamente poco estudiadas respecto a las grandes urbes (Bellet & Llop, 2004). Estas ciudades medias, además, están llamadas a jugar un nuevo papel en el actual mundo globalizado, emergiendo como espacios relevantes de articulación de los sistemas urbanos (Beltrão, 2010). Unas nuevas funciones que convierten las «ciudades medias» en «ciudades intermedias», preci-

samente por la función de intermediación entre distintos espacios que están ya desempeñando (Bellet & Llop, 2004).

Por otro lado, la movilidad en las ciudades medias presenta unas características distintas a la de las grandes urbes, con problemas también propios (Bellet & Llop, 2008), para cuya resolución se requieren estudios específicos. En todo caso, Llop (2004) señala al transporte público como una de las prioridades para el desarrollo sostenible de las ciudades medias, caracterizándose las más dinámicas por poseer, invariablemente, una buena oferta de transporte público. La movilidad sostenible resulta, asimismo, uno de los pilares de la estrategia urbana actual, como herramienta de integración urbanística y garante de equidad social (Marchán et al, 2018; Ruiz et al, 2016). En este sentido, el presente estudio pretende ser una aportación en la investigación de la movilidad en las ciudades medias, contribuyendo a paliar la señalada falta de atención investigadora que estas urbes padecen.

La hipótesis de partida es que aquellas ciudades que presentaban cifras más elevadas de tráfico antes de la pandemia sufrirían una pérdida menor de viajeros que aquellas otras ciudades con un menor uso del transporte público. Esto al menos, si no durante las semanas del confinamiento más estricto, sí en la desescalada y en la denominada «nueva normalidad», pues un mayor volumen de usuarios indica también un mayor uso del transporte público entre la ciudadanía.

Para lograr el objetivo de esta investigación se ha optado por delimitar los casos de estudio a cuatro ciudades españolas comprendidas, según el INE, en un intervalo de población de 170 000 habitantes en 2020. Son los municipios de Albacete, Burgos, Castellón y Santander. Aunque, atendiendo exclusivamente a su población, cabría incluir en este grupo al municipio de Alcorcón (172 384 habitantes en 2020 según el INE), su carácter metropolitano desaconseja incluirlo en el presente estudio, al responder a dinámicas que superan el ámbito estrictamente urbano, ya que se trata de una ciudad comprendida dentro del área metropolitana de Madrid (Ministerio de Fomento, 2018).

Cuatro ciudades, en definitiva, diversas en su localización, funciones o modelo urbano, y con una evolución demográfica y urbana en los últimos años también dispar (Olazábal & Bellet, 2019). Entre ellas se encuentran tres capitales de provincia (Albacete, Burgos y Castellón) y una capital de Comunidad Autónoma (Santander). La elección de estos municipios responde a su realidad de ciudades medias que, salvo Santander, no han sido objeto hasta ahora de ningún estudio que analice las repercusiones de la pandemia en sus servicios de transporte público urbano. Asimismo, todas ellas se encuentran fuera del Observatorio de la Movilidad Metropolitana del Ministerio de Transportes, no participando tampoco en los estudios de éste. Presentan entre sí, además, significativas diferencias en su oferta de transportes y número de usuarios, así como una variedad de circunstancias político-administrativas en sus sistemas de gestión del transporte público, lo que se adecúa especialmente al objeto de esta investigación.

1.1. Descripción de los casos de estudio

Tabla 1. Ciudades objeto de estudio y sus características principales de demanda de movilidad.

	Población (habitantes) (INE, 2020)	Contexto político-administrativo	Centros de atracción de movilidad
Albacete	174 336	Capital de provincia	Campus universitario y dos hospitales públicos
Burgos	176 418	Capital de provincia	Campus universitario y un hospital público
Castellón	174 264	Capital de provincia	Campus universitario y dos hospitales públicos
Santander	173 375	Capital de Comunidad Autónoma uniprovincial de Cantabria	Campus universitario y hospital público

Fuente: INE. Elaboración propia.

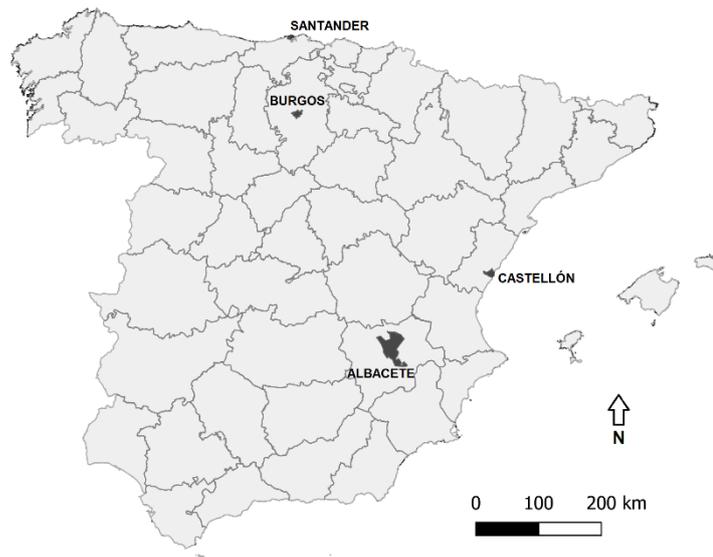
Tabla 2. Redes de transporte público.

Ciudad	Modo de transporte	Características de la red	Modelo de gestión
Albacete	Autobús	Seis líneas regulares, un servicio especial y cuatro de feria ¹	Vectalia (concesión)
Burgos	Autobús	Hasta enero de 2021: - 27 líneas regulares. - Una línea estival. - Una línea universitaria. - Dos servicios especiales. - Dos líneas nocturnas	Servicio Municipalizado de Movilidad y Transportes (entidad pública municipal sin personalidad jurídica propia)
		Desde enero de 2021: - 20 líneas regulares. - Una línea estival. - Una línea universitaria. - Un servicio especial. - Dos líneas nocturnas	
Castellón	Autobús	-14 líneas regulares. - 3 servicios especiales. - 1 línea nocturna. - 5 servicios de feria. - 7 líneas regulares interurbanas con servicios urbanos ² .	Concesiones a varias empresas privadas.
	Trolebús	Una línea	
Santander	Autobús	- 23 líneas regulares urbanas. - 3 líneas nocturnas. - 1 servicio especial	- TUS. Servicio Municipal de Transportes Urbanos (entidad pública municipal sin personalidad jurídica propia). - ALSA (concesión)
	Cercanías AM	Tres estaciones de la línea C1 ³	Renfe Cercanías AM, Entidad Pública Empresarial

Fuente: Ayuntamiento de Castellón; SMYT; Universidad de Cantabria; Vectalia. Elaboración propia.

1. Se entienden como servicios de feria aquellos con circulación exclusivamente durante las fiestas locales. Cabe indicar que, debido a las restricciones, no se han prestado estos servicios a lo largo de 2020 ni de 2021, como tampoco han funcionado las líneas nocturnas de Burgos y Castellón.
2. Concretamente la línea Castellón-Grao, de carácter urbana pero operada en una concesión interurbana, así como los trayectos urbanos de las líneas de Castellón a las poblaciones de l'Alcora, Almassora, Benicàssim, Borriol y Vila-real.
3. Estaciones de Santander, Valdecilla y Nueva Montaña Quijano.

Figura 1. Localización de las ciudades estudiadas



Elaboración propia.

2. Metodología

2.1. Fuentes

Para la realización de este estudio se ha recabado información del número de viajeros de los servicios de transporte público urbano de cada uno de los municipios en diferentes rangos temporales: por una parte, los totales anuales de los años 2016-2021; por otra, los mensuales de 2019 y 2020. Para la obtención de estos datos se ha recurrido a los respectivos ayuntamientos y concesionarias y la operadora ferroviaria Renfe AM, presentándose ante todos ellos la pertinente solicitud de información pública o consultando sus bases de datos abiertas. Sin embargo, el resultado ha sido dispar.

La información más completa se ha obtenido de las ciudades de Burgos y Castellón, cuyos servicios de movilidad han facilitado todos los datos solicitados. Los referentes a Albacete provienen de la concesionaria del servicio, y los de Santander han sido facilitados por la Universidad de Cantabria, existiendo además un detallado estudio sobre la situación en la capital cántabra durante marzo de 2020 en Aloi et al. (2020, pp. 7-8). En cambio, no se ha podido obtener información actualizada por parte de la operadora ferroviaria Renfe AM para el movimiento de viajeros entre las tres estaciones santanderinas. En cualquier caso, se ha considerado que la información disponible permite representar las tendencias generales registradas y realizar un análisis bastante ajustado de la situación.

En cuanto a los datos del conjunto de España, necesarios para realizar la comparativa entre los casos estudiados y la tendencia general registrada en los servicios urbanos de todo el país, se han obtenido de la Estadística de Transporte de Viajeros del INE (2022).

Por último, las distintas medidas restrictivas aplicadas durante la pandemia en cada ciudad y las reducciones establecidas en sus respectivos servicios se han obtenido de los boletines oficiales y de los propios ayuntamientos.

2.2. Metodología

Con los datos disponibles se ha procedido a analizar la tendencia registrada en los años precedentes, calculándose las cifras anuales de cada municipio y de todo el país en el periodo 2016 y 2021. A continuación se ha revisado la evolución de cada caso en particular, realizándose una comparativa de cada uno de ellos entre sí y con el conjunto del Estado, estableciendo la diferencia porcentual existente entre 2019, 2020 y 2021. En el caso de Castellón los datos comprenden distintos medios y operadores, por lo que se analiza tanto el cómputo global de viajeros como, de forma más pormenorizada, cada uno de los medios existentes.

Seguidamente, se ha realizado la comparativa mensual de cada ciudad, así como del conjunto de España, para los meses de enero, abril, julio y octubre de los años 2019 y 2020, calculándose igualmente la diferencia porcentual registrada entre cada uno de estos meses de 2020 con el periodo equivalente del año anterior. La selección de estos meses se debe a la disponibilidad de datos de las ciudades estudiadas, ya que no en todos los casos se ha podido obtener la serie completa. En todo caso se han escogido meses clave del confinamiento (abril) y la desescalada (julio y octubre).

Una vez procesados todos los datos, se ha realizado el análisis de cada uno de los casos, comparando las distintas situaciones y comportamientos estudiados, estableciendo las relaciones entre las variaciones registradas, las situaciones particulares y las medidas restrictivas vigentes de cada caso durante el periodo analizado, e identificando tendencias generales. Finalmente, se concluye estableciendo relaciones entre el uso previo registrado en cada caso y el comportamiento experimentado a partir de la pandemia. Esta información se ha expresado en tablas y de forma gráfica.

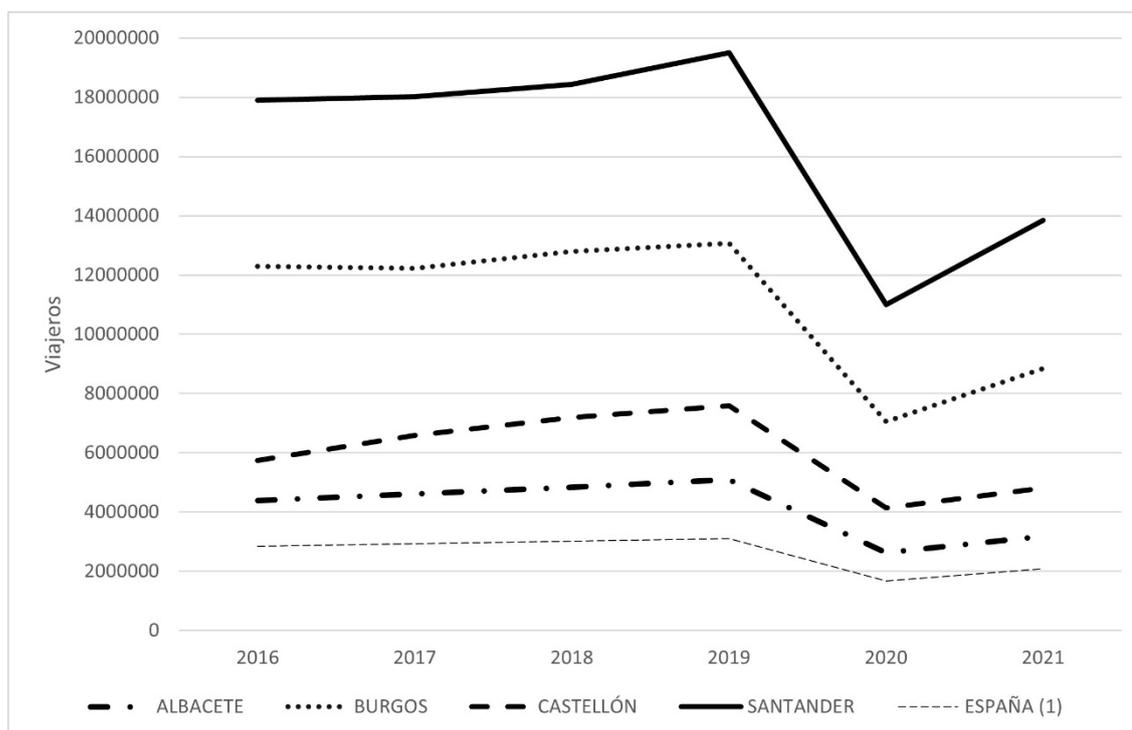
3. Resultados

3.1. Evolución del tráfico de viajeros. Años 2016-2021

La figura 2 muestra la evolución de viajeros en el periodo 2016-2021, apreciándose claramente una tendencia alcista en los años inmediatos a la pandemia, especialmente en Albacete, Burgos y Castellón, con porcentajes superiores al estatal. Esta tendencia aún es mayor si se analiza un rango temporal más amplio, con incrementos entre 2016 y 2019 del 16% en Albacete o de hasta el 32% en Castellón. Salvo el caso de Santander, el de mayor tráfico, que igualó la media española del 9%, todos fueron superiores a esta media. Únicamente Burgos presenta un ligero descenso en 2017 de algo menos de cien mil usuarios, aunque para ganar en 2018 más de medio millón.

Esta tendencia alcista se vio bruscamente truncada en 2020, produciéndose en 2021 una lenta recuperación. Como se observa en el gráfico, destaca el notable incremento registrado en Castellón en los años previos a 2019, así como la diferente evolución registrada desde la pandemia en el caso de Burgos, lo que ha disminuido las diferencias en su cifra de tráfico.

Figura 2. Evolución del tráfico de viajeros 2016-2021



(1) Los datos de España se representan en miles de viajeros.

Fuente: Ayuntamiento de Castellón; INE; SMYT; Universidad de Cantabria; Vectalia. Elaboración propia.

3.2. Medidas restrictivas y desescalada

Las medidas restrictivas adoptadas en los distintos servicios urbanos estudiados presentan sus propias peculiaridades, aunque comparten unas mismas líneas generales. Así, tras la declaración del estado de alarma en marzo de 2020, la mayoría de las ciudades establecieron reducciones en el número de expediciones. Las más significativas fueron las aplicadas en Burgos y Castellón, mientras que en Albacete o Santander la reducción fue significativamente menor (tabla 3).

Tabla 3. Expediciones entre marzo y junio 2020

	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Albacete	70%	50%	50%	100%
Burgos	25%	30%	75%	100%
Castellón	30%	50%	80%	100%
Santander	50%	50%	60%	100%

Fuente: Ayuntamientos de Albacete, Burgos, Castellón y Santander. Elaboración propia.

A lo largo de los meses de abril y mayo de 2020 la oferta fue ampliándose progresivamente. De esta manera, en el mes de junio, tras entrar todos los territorios en la «nueva normalidad», se había restablecido la oferta habitual en todos los municipios, a excepción de las líneas nocturnas, que sólo funcionaban en Santander. Esta «nueva normalidad», sin embargo, no supuso el fin de las restricciones a la movilidad, como se verá.

En cuanto a los aforos en los vehículos, su regulación vino dada por las distintas órdenes del Ministerio de Transportes. La primera de ellas fue la Orden TMA 254/2020 de 18 de marzo, que

fijó una limitación del 30% de la capacidad (art. 3.3), y que permaneció en vigor hasta el mes de mayo, cuando fue ampliada hasta el 50%, mediante la Orden TMA 384/2020. Esta reducción se mantuvo en las sucesivas órdenes publicadas, hasta que finalmente la Orden SND 507/2020, de 6 de junio, restableció el aforo completo. Esta última disposición permitió recuperar la totalidad de ocupación en todos los servicios salvo en Albacete, cuyo ayuntamiento optó por mantener una limitación del 75%.

3.3. Totales anuales

La Tabla 4 muestra las cifras totales de tráfico registradas en los años 2019, 2020 y 2021 y las variaciones porcentuales entre estos periodos.

Tabla 4. Usuarios de los servicios urbanos en 2019, 2020 y 2021

Ciudad	Viajeros			%Variación		
	2019	2020	2021	2019-2020	2020-2021	2019-2021
Albacete	5 102 248	2 623 716	3 184 194	-49	21	-38
Burgos	13 063 109	7 055 461	8 842 078	-46	25	-32
Castellón	7 591 010	4 144 617	4 801 013	-45	16	-37
Santander	19 501 507	11 002 694	13 844 651	-44	26	-29
España	3 102 006 000	1 680 110 000	2 082 424 000	-46	24	-33

Fuente: Ayuntamiento de Castellón; INE; SMYT; Universidad de Cantabria; Vectalia. Elaboración propia.

El municipio con un mayor volumen de usuarios antes de la pandemia era claramente Santander, seguido a cierta distancia por Burgos. Castellón y Albacete presentan cifras mucho menores, con aproximadamente la mitad de los usuarios que Burgos y casi un tercio que Santander. Con el estallido de la pandemia, todos los casos presentan un considerable descenso, si bien al cierre de 2020 se mantenía la misma clasificación. A lo largo de 2021 se aprecia también en todos los casos una recuperación en el número de usuarios, aunque sin alcanzar las cifras anteriores a la pandemia. Asimismo, tampoco se producen variaciones en la clasificación de los distintos municipios.

Los porcentajes de variación anual de tráfico entre 2019 y 2020 muestran unos valores similares en la mayoría de los casos, con un descenso de en torno al 45%, siendo Albacete la que más viajeros pierde y Santander la que menos. En todo caso, el descenso experimentado sigue la tendencia general registrada en el conjunto del país, con porcentajes prácticamente idénticos al total estatal, salvo en Albacete, donde es algo superior.

La recuperación de usuarios a lo largo de 2021 ha sido generalizada, con porcentajes en torno al 25% respecto al año anterior. Burgos y Santander se sitúan en cifras similares al conjunto de España, mientras que Albacete se encuentra ligeramente por debajo. Castellón es la ciudad que registra una menor recuperación, con un porcentaje sensiblemente inferior.

En definitiva, en 2021 se registra un descenso generalizado, con pérdidas de en torno a un tercio de los viajeros respecto a 2019. Santander presenta las menores pérdidas, inferiores al conjunto del país, mientras que en Castellón y Albacete la recuperación ha sido inferior. En este último caso la fuerte pérdida de viajeros padecida durante 2020 ha acabado lastrando la recuperación en 2021, mientras que en el caso castellanense la menor crecida de 2021 se ha visto compensada por un descenso inferior durante el año 2020.

En el caso de Castellón, al existir diversos medios, es posible comparar la distinta evolución de cada uno de ellos, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Totales anuales de viajeros y variación porcentual registrados en Castellón, por tipo de servicio. Años 2019-2021

Servicio	Viajeros			% Variación		
	2019	2020	2021	2019-2020	2020-2021	2019-2021
Autobús urbano	3 770 541	2 115 060	2 410 433	-44%	14%	-36%
Trolebús	2 729 845	1 407 735	1 721 778	-48%	22%	-37%
Conc. Interurb.	1 090 624	621 822	668 802	-43%	8%	-39%

Fuente: Ayuntamiento de Castellón. Elaboración propia.

En ella se observa que fue el trolebús el medio que mayor pérdida porcentual padeció en 2020, pero también ha sido el que, en 2021, ha presentado el mayor incremento, seguido por el autobús urbano, que sin embargo registra la menor caída en el conjunto del periodo, al haberse visto menos afectado en 2020. Las líneas operadas en el marco de concesiones interurbanas presentaron una menor caída, pero apenas han recuperado tráfico.

3.4. Porcentajes mensuales de variación, años 2019-2020

La evolución porcentual del tráfico en los meses de enero, abril, julio y octubre de 2019 y 2020 (tabla 6) permite establecer comparaciones entre los distintos casos y apreciar la incidencia de la pandemia en cada servicio, independientemente del volumen absoluto de viajeros. La comparación de las tendencias registradas permite apreciar claramente que todos ellos comparten un comportamiento muy similar.

Tabla 6. Diferencia porcentual de viajeros 2019-2020

Mes	Albacete	Burgos	Castellón	Santander	España
Enero	2%	3%	2%	n.d.	2%
Abril	-90%	-94%	-94%	-95%	-91%
Julio	n.d.	-42%	-46%	-40%	-45%
Octubre	n.d.	-40%	-44%	-35%	-47%
Anual	-49%	-46%	-45%	-38%	-46%

Fuente: Ayuntamiento de Castellón; Ayuntamiento de Santander; INE; SMYT; Vectalia. Elaboración propia

Todos inician en año con subidas respecto al mismo periodo de 2019. Tras el estallido de la pandemia y el inicio del confinamiento domiciliario y las restricciones de movilidad a mediados del mes de marzo, se produce una caída pronunciada de viajeros, truncando este comportamiento alcista. El cese casi absoluto de la movilidad se prolongará a lo largo de abril y parte de mayo, y se reflejará en las cifras irrisorias de usuarios durante esos meses. El menor volumen de tráfico se registra en el mes completo de confinamiento, abril, cuando el transporte público urbano en España perdió más de 232 millones de viajeros respecto al mismo mes del año anterior. Aunque los porcentajes resultan muy similares, el descenso fue mayor en Santander, Burgos y Castellón, y ligeramente inferior en Albacete.

Con el inicio de la desescalada, las diferencias porcentuales van reduciéndose lentamente a medida que se recuperan viajeros, situándose durante el segundo semestre en valores cercanos al 40%

de descenso. En junio, todos los municipios de los que se dispone de datos presentan un descenso respecto al mismo mes del año anterior inferior al del conjunto estatal, salvo Castellón, que lo supera ligeramente. En otoño, sin embargo, se frena esta recuperación, incrementándose la pérdida de viajeros en el conjunto de España respecto al año anterior. Burgos y Castellón moderan ligeramente este descenso, mientras que Santander sigue recuperando usuarios.

4. Discusión

La irrupción del COVID-19 en marzo de 2020 truncó un comportamiento alcista que estaba suponiendo un crecimiento medio de viajeros no sólo respecto al año anterior, sino que también presentaba una continuidad a lo largo de los años precedentes, con incrementos sostenidos en todos los casos analizados. Este comportamiento se observa además en otras ciudades españolas como A Coruña (Orro et al., 2020), así como en el conjunto del país, según las estadísticas del INE.

El estallido de la pandemia, y la aplicación de las restricciones, hicieron que se registraran caídas en el número de viajeros ya en marzo, aunque el mes con menor tráfico fue el de abril, con pérdidas superiores al 90%. Estas cifras dibujan el escenario español considerablemente más adverso que la media mundial, donde la caída en el mismo periodo se situaba en una media del 76% (Parlamento Europeo, 2020, pp. 7 y 15 y Medimorec et al., 2020, pp. 10-14), pero muy similar al de otros países europeos de nuestro entorno como Francia e Italia (Van Audenhove et al., 2020: 9), a pesar de que las restricciones de movilidad fueron de las más severas de Europa Occidental (Awad-Núñez et al., 2021).

Las diferencias observadas entre los distintos municipios no siempre guardan correlación con la reducción de la oferta aplicada (tabla 7). Burgos y Castellón, donde la reducción fue mayor, presentan dos de los descensos más acusados. Sin embargo, Albacete y Santander rompen esta correspondencia. Este hecho dificulta establecer una relación directa entre el número de expediciones y el tráfico de viajeros, debiendo recurrir a otros posibles factores explicativos, como las características concretas de las restricciones aplicadas y la afectación concreta sobre cada servicio. Determinar la influencia de cada uno de éstos requeriría un conocimiento más profundo de las características de la movilidad de cada municipio, así como del detalle de las restricciones aplicadas en cada uno. En todo caso, se registran cifras similares tanto a nivel estatal (con caídas del 91% en abril) como en los casos analizados en otras investigaciones (Orro et al., 2020; Fernández-Pozo et al., 2022).

Tabla 7. Relación entre reducción de servicios y descenso de tráfico en marzo 2020

	Reducción servicio	Caída tráfico
Albacete	-50%	-90%
Burgos	-75%	-94%
Castellón	-70%	-94%
Santander	-50%	-95%

Fuente: Ayuntamientos de Albacete, Burgos, Castellón y Santander. Elaboración propia.

A lo largo de la desescalada se va restableciendo el servicio y se recupera el número de viajeros, aunque se registra una caída respecto a 2019 de alrededor del 45% en julio. Por municipios, Castellón es el que presenta un peor comportamiento, con un descenso porcentual más elevado,

aunque similar al conjunto de España. Santander, en cambio, presenta un descenso menor. Estos porcentajes, de nuevo, resultan similares a los de otras ciudades españolas como A Coruña, Tenerife o Bilbao (Orro et al., 2020) o Madrid (Fernández-Pozo et al., 2022). A partir de septiembre y durante todo el otoño, a pesar de que se siguen recuperando viajeros en cifras absolutas, la diferencia respecto a los mismos meses del año anterior se estabiliza en porcentajes del rango del 40% de descenso, con los que se cierra el año.

En todo caso, el proceso de la desescalada no fue homogéneo. Albacete, Castellón y Santander alcanzaron la denominada «nueva normalidad» a finales del mes de junio (Gobierno de España, 2020), no padeciendo nuevas restricciones más allá de las decretadas para todo el territorio español, de manera que la movilidad en estos municipios no se vio afectada por restricción especial o adicional alguna. Sin embargo, Burgos padeció una desescalada más problemática, viéndose afectados por diversas medidas restrictivas que repercutieron en las cifras de transporte público, al decretarse el cierre de la hostelería, grandes superficies y gimnasios (Acuerdo 78/2020, de 3 de noviembre). Esto provocó una nueva caída en el número de viajeros, tras la recuperación experimentada en los meses anteriores.

El año 2020 se cierra en todos los casos con un descenso de viajeros que ronda el 45%, aunque con diferencias entre las distintas ciudades que cabe tomar en consideración. En principio, no parece apreciarse una relación directa entre el descenso porcentual de viajeros al finalizar el año 2020 y el grado de reducción de servicios durante el confinamiento. En este sentido, los municipios que aplicaron menores reducciones en el servicio (Albacete y Santander) presentan descensos dispares al cierre del año, mientras que o Burgos o Castellón, con una mayor supresión de servicios, muestran unos porcentajes similares a la media del Estado.

Tampoco se aprecia una relación directa entre el porcentaje de descenso de usuarios y el volumen total de viajeros existente antes de la pandemia. Es cierto que Santander, con elevadas cifras de tráfico, cierra el año con porcentajes de descenso inferiores al resto, pero esta relación no se cumple en Burgos, la segunda en número de viajeros, con un descenso más elevado y superior al del conjunto de España. Tampoco se aprecia en Albacete y Castellón, las de menor tráfico. La primera, con el volumen de viajeros más bajo de todos los casos analizados, presenta el mayor descenso; Sin embargo, en la segunda el porcentaje es inferior al estatal y al de ciudades con mucho mayor tráfico como Burgos.

Estos porcentajes, en cualquier caso, resultan similares a los registrados en las principales ciudades españolas, con cifras absolutas de tráfico muy superiores (INE; Fernández-Pozo et al., 2022). Parece, por tanto, bastante evidente que, aun participando de una tendencia general en todos los servicios urbanos de España, cada uno de los casos analizados presenta un comportamiento propio fruto de una casuística particular en la que intervienen múltiples factores como el uso del transporte público previo a la pandemia, pero también las restricciones de movilidad aplicadas en cada municipio, la población cautiva, las modificaciones en las rutas o la propia configuración urbana. Pantiga-Facal, et al. (2021) señalan además el peso de otros factores como el género, al ser las mujeres las principales usuarias del transporte público, o la edad, dado el mayor uso de vehículos de movilidad personal entre la población más joven tras la pandemia. Existe, asimismo, cierta relación entre estos porcentajes y los datos de movilidad recogidos por el Ministerio de Transportes (2021), pudiéndose establecer, en general, un paralelismo entre las fluctuaciones en el volumen de usuarios del transporte público de cada ciudad y la movilidad registrada en la misma.

Respecto al comportamiento experimentado en el año 2021, se aprecia en todos los casos una recuperación, con cifras generalmente cercanas al porcentaje registrado en el conjunto de servicios urbanos españoles. En este caso sí se observa cierta relación entre el volumen de usuarios previo a la pandemia y la intensidad de la recuperación. Así, ciudades con un mayor volumen de usuarios como Burgos o Santander presentan los mayores incrementos porcentuales, superiores además al conjunto estatal, mientras que en los municipios con menos usuarios del transporte público (Albacete y Castellón) esta recuperación es inferior. Resultaría necesario en estos casos determinar la evolución de la movilidad en este periodo para determinar si se ha producido una reducción de esta o ha existido un trasvase hacia medios privados.

Esta tendencia se aprecia más claramente aún si se comparan los datos de 2021 respecto a la situación en 2019. En este caso, los municipios con mayor volumen de usuarios antes de la pandemia presentaban al finalizar el año 2021 un descenso porcentual respecto a 2019 más moderado, con pérdidas inferiores al conjunto de España. En los municipios con menor volumen de viajeros, en cambio, el descenso ha sido superior, no tanto por haber padecido una pérdida mayor de usuarios durante el confinamiento, sino por experimentar una recuperación más tímida. En Castellón, municipio con diversos sistemas de transporte, los medios más empleados han sido, generalmente, los que un menor descenso porcentual de tráfico han acumulado al finalizar 2021.

Resulta claro el vínculo existente entre el volumen de usuarios del transporte público en un municipio antes de la pandemia y la recuperación experimentada posteriormente. Tras una crisis como la del COVID-19 y una vez levantadas todas las restricciones de movilidad, la ciudadanía ha vuelto en mayor medida y con mayor rapidez a usar el transporte público en aquellos municipios en los que su uso era mayor antes de la pandemia. Nótese, además, que este hecho afecta principalmente a la capacidad de recuperación experimentada en la «nueva normalidad», una vez derogadas la mayoría de las medidas restrictivas, y no tanto al comportamiento registrado durante los primeros meses, cuando la relación no resulta tan clara.

Esto sigue la línea de lo observado en otros estudios (Marco & Soriano, 2018, p. 18) constándose que la recuperación de usuarios por parte del transporte público no sólo se realiza más lentamente y en menor porcentaje que la pérdida, sino que, como se muestra en este estudio, el ritmo y la magnitud de esta recuperación está directamente relacionada con el uso existente antes del motivo que generó el abandono. Cabe tener en cuenta, además, la predisposición de la ciudadanía a recuperar formas más sostenibles de desplazamiento una vez remitida la pandemia, como señalan Awad-Núñez et al. (2021), lo que redundaría en este sentido.

De esta manera, la existencia de una buena oferta de transporte público no sólo resulta un claro síntoma de dinamismo y habitabilidad de una ciudad (Llop, 2004), sino que también permite la consolidación e integración de hábitos de movilidad sostenible resilientes en la ciudadanía, que facilita su recuperación tras periodos de crisis.

La movilidad en las ciudades medias presenta unas circunstancias y una problemática específica (Bellet & Llop, 2008), y debe hacer frente a los cambios urbanísticos experimentados en últimas décadas, ligados a la burbuja inmobiliaria, que han provocado un proceso de artificialización del suelo, generando áreas urbanas más extensas y fragmentadas y de menor densidad (Olazábal & Ballet, 2019). En este sentido, es un reto para las ciudades medias desarrollar una movilidad urbana sostenible que permita integrar social y espacialmente estos nuevos espacios. En este proceso, la existencia de un buen transporte público resulta básico para incorporar sólidamente su uso entre la ciudadanía, como se ha comprobado en este trabajo.

En definitiva, las ciudades medias con una adecuada oferta de transporte público antes de la pandemia se encuentran en la actualidad ante un escenario claramente más favorable para seguir progresando hacia una movilidad urbana sostenible que aquellas con una peor oferta de transportes, que han retrocedido hacia escenarios más adversos que parecían ya superados. Todo ello revela el papel crucial del transporte público en la estrategia urbana de movilidad sostenible.

5. Conclusiones

Las ciudades medias están llamadas en el actual mundo globalizado a desempeñar un papel crucial en la articulación del territorio como «ciudades intermedias». Esta nueva proyección, unida a su mayor calidad de vida, las lleva a presentar cifras de crecimiento superiores a las grandes urbes. Sin embargo, resultan todavía poco estudiadas pese a su emergencia como espacios relevantes y a la especificidad de sus características y problemática. En este contexto, el transporte público resulta una herramienta fundamental en la estrategia de movilidad sostenible, siendo las ciudades medias, por su tamaño y compacidad, excelentes escenarios para la implantación de fórmulas que permitan avanzar hacia modos más sostenibles de desplazamiento.

Sin embargo, la pandemia de la COVID-19 y las diversas medidas restrictivas impuestas para su contención, han supuesto un enorme impacto en el uso del transporte público, con una merma del orden del 90% de viajeros en los periodos de máxima restricción de la movilidad, porcentaje que a finales de 2020 todavía se situaba en torno al 45% de descenso, y que en 2021 se había reducido a alrededor del 25%. Esta pérdida de viajeros registrada es atribuible en gran medida a la reducción de la movilidad, pero también a la reticencia generada entre la ciudadanía hacia el uso de medios de transporte colectivo por temor al contagio, a pesar de las evidencias científicas que atestiguaban que se trataba de un medio seguro.

Todos los casos estudiados muestran un comportamiento muy similar en cuanto a pérdidas porcentuales y, en algunos casos, paralelo a la evolución de la movilidad registrada, no pudiéndose atribuir siempre las diferencias apreciadas al grado de severidad de las medidas restrictivas y a la reducción de servicios aplicada en cada localidad en el curso de la pandemia. Asimismo, la tendencia en las cinco ciudades estudiadas es paralela a la experimentada en el transporte urbano tanto de otras ciudades de España y a la del país en su conjunto, registrándose una evolución porcentual bastante similar en la mayoría de los casos, independientemente del volumen de población de cada urbe y de la oferta de servicios.

Los datos de 2020 no permiten establecer una clara relación entre el volumen de viajeros existente en cada municipio antes de la pandemia y el comportamiento experimentado durante la misma, debiendo influir en estos casos diversos factores. Sin embargo, si se tienen en cuenta también los datos de 2021, resulta mucho más evidente la existencia de un vínculo claro entre el uso del transporte público previo a la pandemia y el descenso padecido posteriormente.

Resulta obvio que, en el momento en que se redactaron de estas líneas, existía todavía entre parte de la ciudadanía un reparo hacia el uso de medios colectivos de transporte, por un infundado temor al contagio, a pesar de las evidencias científicas que demostraban lo contrario. Sin embargo, este condicionante afectaba a todos los casos estudiados, y no podía ser aplicado de manera particular a ninguno de ellos. Hecha esta apreciación, los resultados muestran con claridad que aquellas ciudades objeto de estudio que antes de la irrupción del COVID-19 presentaban un mayor volumen de usuarios son las que, al finalizar 2021, padecen un menor descenso de tráfico, al

haber experimentado una mayor recuperación en este último año, confirmando así la hipótesis planteada en este trabajo. Por tanto, la existencia de un buen servicio de transporte público, con un mayor número de usuarios antes de la pandemia, ha sido un factor clave para la recuperación de viajeros en el escenario de la «nueva normalidad».

Por otra parte, el análisis de los datos revela otro hecho, no relacionado con la pandemia pero que resulta imposible obviar y que podría dar pie a futuras investigaciones: la gran diferencia registrada en el uso del transporte público entre las distintas ciudades estudiadas, a pesar de situarse todas ellas en un rango de población similar. En este sentido contrastan notablemente los 5,1 millones de viajeros contabilizados en 2019 en Albacete, o los 7,5 de Castellón, con los 13 millones de Burgos o los 19,5 de Santander. Este hecho requeriría de un minucioso análisis que permitiera identificar las circunstancias que generan estas diferencias. Es evidente que factores como el clima o la orografía no explican, por sí solos, estas cifras, debiendo analizarse tanto los parámetros del servicio de transportes como las características de la movilidad urbana de cada ciudad o el reparto modal existente. Todos ellos, conjuntamente, podrían ayudar a evaluar la situación de cada caso.

La pandemia de COVID-19, en definitiva, ha supuesto no sólo un gran descenso en el número de usuarios del transporte público y la creación de cierta desconfianza —científicamente injustificada— hacia los medios de transporte colectivos, sino también un profundo cambio en la movilidad de la población. El avance de la vacunación y la mejoría de las cifras de hospitalización han contribuido a recuperar progresivamente la confianza de la ciudadanía y devolver usuarios al transporte público. En cualquier caso, la movilidad post-COVID está siendo distinta a la existente anteriormente, siendo el auge de los medios blandos un hecho contrastado por numerosos estudios.

Una movilidad urbana sostenible, con un buen transporte público, resulta fundamental para el desarrollo de unas ciudades medias que están llamadas a convertirse en actores clave de las redes urbanas del mundo globalizado.

Las ciudades medias españolas, de la misma manera que han participado de las tendencias globales experimentadas por el transporte urbano durante la pandemia, no van a permanecer ajenas a esa nueva configuración de la movilidad que está surgiendo. Instituciones públicas y operadores deberán tomar conciencia del nuevo escenario para devolver la confianza del ciudadano hacia el transporte público, pero también para crear unas ciudades más accesibles y con una movilidad urbana sostenible mucho más multimodal e integrada, existiendo para ello una clara predisposición entre la ciudadanía.

Bibliografía

- Acuerdo 78/2020, de 3 de noviembre, de la Junta de Castilla y León, por el que se declara el nivel de alerta 4 para todo el territorio de la Comunidad de Castilla y León y se adoptan medidas sanitarias preventivas de carácter excepcional para la contención de la COVID-19 en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León*, 229, de 4 de noviembre de 2020. Recuperado de/Retrieved from <https://bocyl.jcyl.es/html/2020/11/04/html/BOCYL-D-04112020-11.do>
- Aloí, A., Alonso, B., Benavente, J., Cordera, R., Echániz, E., González, F. et al. (2020). Effects of the COVID-19 Lockdown on Urban Mobility: Empirical Evidence from the City of Santander (Spain). *Sustainability*, 12 (3870), doi: 10.3390/su12093870

- Ardila, A. (23 de julio de 2020). En la lucha contra la COVID-19 (coronavirus), el transporte público debería ser el héroe, no el villano. *World Bank Blogs*. Recuperado de/Retrieved from <https://blogs.worldbank.org/transport/fight-against-covid-19-public-transport-should-be-hero-not-villain>
- ATUC. (2020). Estudios científicos internacionales certifican que viajar en transporte público es seguro. En *Asociación de Transportes Públicos Urbanos y Metropolitanos*. Recuperado de/Retrieved from <https://www.atuc.es/comunicados/estudios-cientificos-internacionales-certifican-viajar-transporte-publico-seguro>
- Awad-Núñez, S., Julio, R., Moya-Gómez, B., Gómez, J. & Sastre-González, J. (2021). Acceptability of sustainable mobility policies under a post-COVID-19 scenario. Evidence from Spain. *Transport Policy*. (106) 205-214. doi: 10.1016/j.tranpol.2021.04.010
- Bellet-Sanfeliu, C. & Llop-Torné, J. M. (2004). Miradas a otros espacios urbanos: las ciudades intermedias. *Geo Crítica/Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. VIII (165) Recuperado de/Retrieved from <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-165.htm>
- Bellet-Sanfeliu, C. & Llop-Torné, J. M. (2008). La mobilitat quotidiana a les Terres de Ponent. *Papers* (48) 86-99.
- Beltrão Sposito, M. E. (2010). Novas redes urbanas: cidades médias e pequenas no processo de globalização. *Geografia (Rio Claro)*, 35 (1) 51-62. Recuperado de/Retrieved from <https://wp.ufpel.edu.br/leaa/files/2016/03/SPOSITO-Novas-Redes-Urbanas-1.pdf>
- Buda, S., Heiden, M., Altmann, D., Diercke, M., Hamoda, O. & Rexroth, U. (2020). Infektionsumfeld von erfassten COVID-19-Ausbrüchen in Deutschland. *Epidemiologisches Bulletin*. (38) 3-12. doi: 10.25646/7093
- Fernández-Pozo, R., Wilby, M. R., Vinagre-Díaz, J. J. & Rodríguez-González, A. B. (2022). Data-driven analysis of the impact of COVID-19 on Madrid's public transport during each phase of the pandemic. *Cities*, 103723. doi: 10.1016/j.cities.2022.103723
- Galeazzi, A., Cinelli, M., Bonaccorsi, G., Pierri, F., Schmidt, A.L., Scala, A. ... & Quattrocioni, W. (2021): Human Mobility in Response to COVID-19 in France, Italy and UK. *Sci Rep*, 11 (13141). doi: 10.1038/s41598-021-92399-2
- Giménez i Capdevila, R. (1986). La Geografía de los Transportes, en busca de su identidad. *Geocrítica*, 62, 5-61.
- Gobierno de España (2020). Mapa de transición a la nueva normalidad. En *Gobierno de España*. Recuperado de/Retrieved from <https://www.lamoncloa.gob.es/covid-19/Paginas/mapa-fases-desescalada.aspx>
- INE. (2022) Estadística de Transporte de Viajeros. En *Instituto Nacional de Estadística*. Recuperado de/Retrieved from https://ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176906&menu=ultiDatos&idp=1254735576820
- Marchán-Mero, C. P., Plaza-Tabasco, J., Martínez-Sánchez-Mateos, H. S. (2018). La movilidad urbana sostenible como estrategia de integración urbanística y social en las nuevas agendas urbanas de las ciudades medias de Castilla-La Mancha. En F. Cebrián-Abellán (Ed.). (2018). *Ciudades medias y áreas metropolitanas. De la dispersión a la regeneración* (pp. 733-752) Cuenca, España: Ediciones UCLM.
- Marco-Dols, P. & Soriano-Martí, J., (2018): Hacia un nuevo modelo de movilidad en la Plana de Castelló. Evolución y propuestas de la red de transporte público. *Biblio3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Volumen XXIII, nº 1240, 1-26. <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-1240.pdf>
- Medimorec, N., Enriquez, A., Hosek, E., Peet, K. & Cortez, A. (2020): Impacts of COVID-19 on Mobility. *Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport* https://slocat.net/wp-content/uploads/2020/05/SLOCAT_2020_COVID-19-Mobility-Analysis.pdf
- Ministerio de Fomento. (2018): Atlas Digital de las Áreas Urbanas. En *Ministerio de Fomento*. Recuperado de/Retrieved from <http://atlasau.fomento.gob.es/>
- Ministerio de Transportes. (2021). Análisis de la movilidad en España durante el Estado de Alarma. En *Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana*. Recuperado de/Retrieved from <https://www.mitma.gob.es/ministerio/covid-19/evolucion-movilidad-big-data>
- Ministerio de Transportes. (2021) *Observatorio de la Movilidad Metropolitana*. Recuperado de/Retrieved from <https://observatoriomovilidad.es/>
- Olazábal-Salgado, E. & Bellet-Sanfeliu, 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.
- Orden SND/507/2020, de 6 de junio, por la que se modifican diversas órdenes con el fin de flexibilizar determinadas restricciones de ámbito nacional y establecer las unidades territoriales que progresan a las fases 2 y 3 del Plan

- para la transición hacia una nueva normalidad. *Boletín Oficial del Estado*, 160, de 6 de junio de 2020. Recuperado de/Retrieved from <https://www.boe.es/eli/es/o/2020/06/06/snd507>
- Orden TMA/254/2020, de 18 de marzo, por la que se dictan instrucciones en materia de transporte por carretera y aéreo. *Boletín Oficial del Estado*, 74, de 19 de marzo de 2020. Recuperado de/Retrieved from <https://www.boe.es/eli/es/o/2020/03/18/tma254>
 - Orden TMA/384/2020, de 3 de mayo, por la que se dictan instrucciones sobre la utilización de mascarillas en los distintos medios de transporte y se fijan requisitos para garantizar una movilidad segura de conformidad con el plan para la transición hacia una nueva normalidad. *Boletín Oficial del Estado*, 123, de 3 de mayo de 2020. Recuperado de/Retrieved from <https://www.boe.es/eli/es/o/2020/05/03/tma384>
 - OMS (2020). A new international day to celebrate clean air and a sustainable recovery from COVID-19. En *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado de/Retrieved from <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/news/news/2020/9/a-new-international-day-to-celebrate-clean-air-and-a-sustainable-recovery-from-covid-19>
 - Orro, A., Novales, M., Monteagudo, A., Pérez-López, J. B. & Bugarín, M. R. (2020): Impact on City Bus Transit Services of the COVID-19 Lockdown and Return to the New Normal: The Case of A Coruña (Spain). *Sustainability*, 12 (7206), doi: 10.3390/su12177206
 - Pantiga-Facal, E., Méndez-Manjón, I., & Plasencia-Lozano, P. (2021) Impact of COVID-19 on urban transportation habits in the city of Gijón. *Transportation Research Procedia*, 58 (2021) 535-542, doi: 10.1016/j.trpro.2021.11.071
 - Parlamento Europeo (2020). Covid-19 and urban mobility: impacts and perspectives. En *Parlamento Europeo*. Recuperado de/Retrieved from [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2020/652213/IPOL_IDA\(2020\)652213_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2020/652213/IPOL_IDA(2020)652213_EN.pdf)
 - Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19. *Boletín Oficial del Estado*, 67, de 14 de marzo de 2020. Recuperado de/Retrieved from <https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/03/14/463>
 - Real Decreto 900/2020, de 9 de octubre, por el que se declara el estado de alarma para responder ante situaciones de especial riesgo por transmisión no controlada de infecciones causadas por el SARS-CoV-2. *Boletín Oficial del Estado*, 268, de 9 de octubre de 2020. Recuperado de/Retrieved from <https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/10/09/900>
 - Real Decreto 926/2020, de 25 de octubre, por el que se declara el estado de alarma para contener la propagación de infecciones causadas por el SARS-CoV-2. *Boletín Oficial del Estado*, 282, de 25 de octubre de 2020. Recuperado de/Retrieved from <https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/10/25/926>
 - Resolución de 30 de septiembre de 2020 de la Secretaría de Estado de Sanidad, por la que se da publicidad al Acuerdo del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud sobre la Declaración de Actuaciones Coordinadas en Salud Pública para responder ante situaciones de especial riesgo por transmisión no controlada de infecciones causadas por el SARS-Cov-2, de fecha 30 de septiembre de 2020. *Boletín Oficial del Estado*, 260, de 1 de octubre de 2020. Recuperado de/Retrieved from [https://www.boe.es/eli/es/res/2020/09/30/\(1\)](https://www.boe.es/eli/es/res/2020/09/30/(1))
 - Ruíz-Pérez, M., Seguí-Pons, J.M., Mateu i Lladó, J.M. & Martínez-Reynés, J.M. (2016). Evaluación de la equidad del servicio de transporte público: El caso de Palma de Mallorca. *Estudios Geográficos*, 77 (281) 619-646. doi: 10.3989/estgeogr.20162
 - Seguí-Pons, J. M. & Martínez-Reynés, M. R. (2004). *Geografía de los Transportes*. Palma de Mallorca, España: Universitat de les Illes Balears.
 - Schlosser, F., Maier, B.F., Hinrichs, D., Zachariae, A. & Brockmann, D. (2020). COVID-19 Lockdown Induces Structural Changes in Mobility Networks-Implication for Mitigating Disease Dynamics. *PNAS*, 52 (117). doi: 10.1073/pnas.2012326117
 - Torrego-Serrano, F. (1986). Geografía de los Transportes. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 6, 285-295.
 - UITP (2020a). Covid-19 pandemic: The continuity of passenger transport services is crucial. *Unión Internacional de Transporte Público*. Recuperado de/Retrieved from https://uic.org/com/IMG/pdf/cp_covid19-joint_statement_en2.pdf
 - UITP (2020b). Ciudades para las personas: transporte público para una vida mejor. *Unión Internacional de Transporte Público*. Recuperado de/Retrieved from https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/06/Policy-Brief-Cities-for-People_final_SP.pdf

- UITP (2020c). Mobility post-pandemic: a strategy for healthier cities. *Unión Internacional de Transporte Público*. Recuperado de/Retrieved from https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2021/01/Knowledge-Brief-Mobility-Strategy_AUG_2020.pdf
- Van Audenhove, F.J., Pourbaix, J., Rominger, G., Dommergues, E., Eagar, R. & Carlier, J. (2020). The future of mobility post-COVID. *Arthur D. Little & UITP*. <https://www.uitp.org/publications/the-future-of-mobility-post-covid/>

Agradecimientos

Los autores agradecen a los revisores de este artículo sus comentarios y sugerencias, así como la colaboración de los servicios de movilidad de los ayuntamientos de Burgos y Castellón, la de la E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria y la de los responsables de Vectalia en Albacete.

Contribución de autorías

Héctor García ha recabado datos y ha supervisado y revisado el manuscrito. Pablo Marco ha analizado los datos y redactado el artículo.

Financiación

Este trabajo de investigación no ha contado con ayudas ni financiación.

Conflicto de intereses

Los autores de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Cuerpo, hogar y barrio: lugares y experiencias cotidianas de mujeres mayores en Barcelona

Body, home, and neighbourhood: places and everyday experiences of older women in Barcelona

ANNA ORTIZ GUITART¹  0000-0002-6016-5136

NÚRIA FONT CASASECA²  0000-0001-7695-2778

MIGUEL SOLANA-SOLANA³  0000-0002-0811-1990

¹Departamento de Geografía. Universitat Autònoma de Barcelona

²Departamento de Ciencias Políticas y Sociales. Universitat Pompeu Fabra

³Departamento de Geografía. Universitat Autònoma de Barcelona

Resumen

Este artículo tiene como objetivo explorar el proceso de envejecer bien en el lugar, entendiendo el lugar como un concepto que incluye diversas escalas, desde el cuerpo, el lugar más íntimo, hasta el hogar y el barrio. A partir de entrevistas semiestructuradas con mujeres mayores residentes en Barcelona (N= 30) se analiza la vida cotidiana, las necesidades diarias y las estrategias que siguen estas personas para encontrar bienestar en sus lugares cotidianos. Los resultados muestran que, a pesar de los problemas de salud de estas personas y sus limitaciones corporales y de movilidad, desarrollan una serie de estrategias cotidianas para cuidarse, mantenerse activas y conectadas socialmente en su entorno más próximo. Se muestra la importancia de los contactos sociales locales para garantizar el apoyo social, emocional e instrumental, tanto en el hogar como en la comunidad y el barrio. Sobre este último lugar, el barrio, se destaca como las personas han construido un sentido de pertenencia positivo y valoran los entornos transitables, accesibles y seguros para salir a pasear y conectarse socialmente. Se concluye que es fundamental reconocer la diversidad de experiencias en el envejecimiento, considerando las características individuales, el entorno familiar y social y el lugar de residencia. Estos factores pueden ser considerados en el diseño de políticas y programas que aborden las necesidades sociales y emocionales de las personas mayores y fomenten su autonomía y bienestar.

Fechas • Dates

Recibido: 2023.09.22
Aceptado: 2023.11.07
Publicado: 2024.02.16

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Anna Ortiz Guitart
anna.ortiz@uab.cat

Palabras clave: envejecimiento; bienestar; lugar; mujeres; Barcelona.

Abstract

This article explores the multifaceted process of aging well in place, conceptualizing place across various scales, encompassing the body, the most intimate scale, the home, and the neighbourhood. Drawing on semi-structured interviews with elderly women residing in Barcelona (N= 30), we investigate their daily needs and strategies for cultivating wellbeing within their immediate environments. Despite facing health challenges and mobility limitations, the study reveals that these women have developed daily routines to care for themselves, maintain activity, and sustain social connections. The findings underscore the significance of local social contacts in providing social, emotional, and instrumental support, both within the home and the broader community. Notably, the research shows the pivotal role of the neighborhood as a space contributing to a positive sense of belonging for the elderly. The participants value walkable, accessible, and secure environments, considering them as conducive spaces for social interaction and physical activity. This nuanced understanding is crucial for addressing the social and emotional needs of the elderly. These factors can be taken into account in the design of policies and programs that address the social and emotional needs of older adults, promoting their autonomy and wellbeing.

Keywords: ageing; wellbeing; place; women; Barcelona.

1. Introducción

Hacerse mayor está asociado, generalmente, a los problemas de salud y a las limitaciones de movilidad por el deterioro físico, al debilitamiento en la red de relaciones familiares, de amistades o sociales y a la pérdida de personas del entorno, como puede ser la pareja o los familiares o amigos más cercanos. Estas pérdidas provocan dolor, sufrimiento, tristeza y pueden condicionar las posibilidades de intercambio de afectos y tener un impacto significativo en la salud mental y física de las personas mayores desencadenando un sentimiento de soledad no deseada (Celdrán y Martínez, 2020; Marsillas et al., 2022; Pinazo-Hernandis y Donio-Bellegarde Nunes, 2018). La soledad se relaciona con la edad, el género o los recursos sociales, económicos o culturales propios o existentes en el entorno. De esta forma, las mujeres mayores viven más años, pero tienen peor salud, peores condiciones económicas y más probabilidad de vivir solas y en soledad que los hombres (Freixas, 2021).

Sin embargo, hacerse mayor va más allá de sentirse solo (un sentimiento que puede aparecer en otras etapas vitales) y tiene que ver también con todas esas estrategias que desarrollamos para adaptarnos a nuestras necesidades y capacidades cambiantes (Grove, 2021). Al considerar la variedad de las experiencias subjetivas y al centrarse en cómo los individuos valoran por sí mismos su capacidad para realizar actividades significativas, el enfoque de las capacidades proporciona una forma de “valorar y dar voz a las propias concepciones de las personas sobre lo que importa” (Gopinath, 2018, 258). Junto con las capacidades de uno mismo para hacer frente a limitaciones personales, existe a nuestro alrededor una serie de elementos potenciadores y promotores de sentimientos de pertenencia, apego, identidad, dominio del entorno y bienestar como pueden ser aquellos entornos cotidianos, de apoyo, en los que vivimos (Mackenzie et al., 2015).

Hacerse mayor implica un proceso de adaptación, no solo física sino también emocional. Implica adaptarse a los cambios y a los problemas de salud y de movilidad que van asociados al hecho de hacerse mayor con el objetivo de envejecer de forma positiva y manteniendo un cierto grado de bienestar. En este artículo identificamos cómo las personas mayores describen este proceso de adaptación. Consideramos que el análisis de este proceso tiene que hacerse desde una perspectiva

espacial multiescalar porque a cada escala los retos para alcanzar bienestar y conexión social son diversos.

1.1. Aportaciones conceptuales al estudio del envejecimiento en la ciudad

Los problemas de salud dificultan o impiden a las personas mayores salir a la calle, a pasear o comprar, lo que limita sus oportunidades para mantenerse autónomas, activas y conectadas socialmente en su entorno más próximo, el barrio. En esta línea, numerosos estudios muestran los efectos positivos que tiene el barrio y las relaciones sociales (vecinales) en términos de salud física y mental y de calidad de vida de las personas mayores (Buffel et al., 2012, Day, 2008; Peace et al., 2011). De esta forma, no solo las características urbanas sino también la cohesión social, entendida como la organización social de una comunidad (Elliott et al., 2014), puede beneficiar la salud y el bienestar reduciendo los niveles de estrés y puede proveer ayuda práctica a través de mecanismos como la percepción de confianza y reciprocidad entre miembros de una comunidad (Walker y Hiller, 2007).

El barrio juega un papel importante en la construcción de experiencias cotidianas significativas para las personas y significa cosas distintas según los distintos ciclos vitales (Van Dijk et al., 2015; Milton et al., 2015; Buffel et al., 2021). Cuando decimos que nos sentimos a gusto en el lugar donde vivimos decimos que nos sentimos “como en casa”, porque nos sentimos parte de un grupo que va más allá de la familia y tiene que ver con la comunidad y el barrio, junto con un conjunto de sentimientos, percepciones, deseos y necesidades, construidas sobre la base de las prácticas y actividades individuales y cotidianas desarrolladas en nuestro entorno más cercano. El sentido de pertenencia está muy asociado a las relaciones de poder y de control que las personas tienen en su casa, su escalera de vecinos, su calle, su barrio y su ciudad, y los hombres y las mujeres lo construyen de forma distinta, ya que, en cualquier escala, las relaciones de poder, las divisiones de los papeles dentro de la sociedad y las construcciones simbólicas de los espacios están profundamente marcados por las diferencias de género (Fenster, 2004).

Envejecer bien en el lugar donde uno vive se relaciona con la permanencia de las personas mayores en su entorno familiar o vecindario durante el mayor tiempo posible (Pani-Harreman et al., 2020; Zhang et al., 2022) y abarca una definición más amplia del lugar que incorpora características más allá del hogar, como el entorno local y la comunidad (Phillips et al 2010; Lewis y Buffel, 2020). Se relaciona también con un sentido de apego o conexión, seguridad y familiaridad, identidad, independencia y autonomía, así como de participación social (Wiles et al. 2012); y une el sentido de pertenencia al lugar donde uno vive, el ciclo de vida y la experiencia de hacerse mayor (Lebrusán y Gómez, 2022). La cohesión comunitaria, la integración social y la confianza están relacionadas con la sensación de seguridad y con las relaciones intergeneracionales (Dahlberg, 2020). En esta línea, el arraigo al vecindario desempeña un papel importante en la mejora de la satisfacción residencial a lo largo del tiempo y, por esta razón, Beyer et al. (2017) consideran que las intervenciones que se realicen deben apoyar las oportunidades de interacción social positiva entre los vecinos.

Las conexiones sociales significativas, los factores individuales, el entorno construido accesible y la proximidad de servicios y comodidades están indirectamente relacionados con el objetivo de envejecer en el lugar y se consiguen a través de los procesos de integración en el lugar relacionados con la familiaridad, las rutinas, los hábitos, la seguridad y las actividades de la vida diaria (Bigonnesse y Chaudhury, 2022). Y en unas ciudades cada vez más envejecidas como las nuestras,

es necesario también diseñar unos espacios urbanos que respondan a las necesidades específicas de las personas mayores, favoreciendo su participación social para promover su salud y bienestar (Lebrusán y Gómez, 2022).

En el marco de estas reflexiones relacionadas con los lugares cotidianos, el sentido de pertenencia y el bienestar de las personas mayores, este artículo¹ pretende responder a las siguientes preguntas: ¿Cómo describen las personas mayores, desde su experiencia, el hacerse mayor? ¿Cómo se sienten y qué necesidades tienen en su casa y en el barrio donde viven? ¿Qué papel juega la familia, los vecinos de escalera o la comunidad en el soporte diario? ¿Qué factores señalan como fundamentales para envejecer en buenas condiciones? ¿Se sienten solas?

Debido a que las desigualdades económicas, sociales y de género van acumulándose a lo largo de los años y condicionan el proceso de envejecimiento de las personas (Schmitz y Lazarevič, 2020; Finlay, 2021), hemos querido responder a las preguntas anteriores centrándonos en las experiencias de mujeres mayores residentes en Barcelona. En este artículo, exploraremos cómo estas mujeres definen subjetivamente el proceso de hacerse mayores en el lugar, entendiendo el lugar como un concepto que incluya su cuerpo, su casa, su comunidad y entorno local y el barrio donde viven; y analizaremos qué hacen, con qué barreras se encuentran y las ayudas que reciben en su día a día.

2. Área de estudio y metodología

Según los datos del Padrón Municipal de Habitantes de 2022, Barcelona, con sus casi 1,7 millones de habitantes, tiene una población mayor de 65 años de 349 178 y representa el 21,3% de la población. La mayoría de estas personas son mujeres y un 40% viven solas. Se observa una elevada heterogeneidad territorial en los niveles de envejecimiento en Barcelona, sin embargo, los niveles de hogares unipersonales son bastante parecidos en todos los barrios. La proporción media de hombres mayores de 75 años que viven solos en Barcelona es de 17% y la de las mujeres del 40% (Encuesta Sociodemográfica de Barcelona, 2020).

Entre abril y septiembre de 2022 se realizaron 30 entrevistas a mujeres mayores residentes en distintos barrios de la ciudad de Barcelona². El contacto con ellas se estableció a través de la Fundación de Amigos de los Mayores, una entidad sin ánimo de lucro que tiene como objetivo luchar contra la soledad no deseada y el aislamiento social a la que quedan expuestas las personas mayores. La asistencia y ayuda de esta organización en el trabajo de campo fue fundamental ya que ayudó a establecer lazos de confianza y facilitó el acceso a los hogares de las personas entrevistadas. Las personas entrevistadas reciben la atención de los Amigos de los Mayores porque se sienten solas, independientemente de si viven solas o acompañadas y de si tienen hijos o no, aunque, como veremos a lo largo del artículo, también tienen sus estrategias para hacer frente a una soledad no deseada.

1. Los resultados presentados en este artículo se enmarcan en el proyecto de investigación "Aislamiento social y soledad entre las personas mayores urbanas: análisis y recomendaciones de política para la ciudad de Barcelona-GRANBCN" (21S09290-001), financiado por el Ajuntament de Barcelona en colaboración con Fundación "la Caixa" en el marco del Plan Barcelona Ciencia 2020-2023. Este proyecto se hizo en base a una metodología mixta. En este artículo solo presentamos algunos resultados de la parte cualitativa.

2. En este artículo nos centramos en las experiencias de las mujeres, aunque entrevistamos también a 8 hombres mayores. Comentar, también, que nos interesó entrevistar a personas mayores que viviesen en distintos barrios de la ciudad para buscar una cierta heterogeneidad social y visibilizar una mayor o menor accesibilidad de los servicios y espacios públicos en la ciudad.

Antes de empezar la entrevista se explicaban los objetivos del proyecto y se presentaba un documento de consentimiento informado donde se informaba a las participantes de las condiciones de su participación. En todo momento se veló por crear una situación de confort y confianza y se fue especialmente sensible a los momentos de mayor intensidad emocional.

Las entrevistas fueron grabadas y transcritas en su totalidad y, posteriormente, codificadas y analizadas con el software de análisis cualitativo Atlas.ti. Se elaboró una primera propuesta de códigos a partir de los guiones de las entrevistas. Tras la codificación de las primeras entrevistas, se revisó el libro de códigos para incorporar nuevos ítems o realizar algunas modificaciones. El resultado fueron 44 códigos que se utilizaron para codificar las entrevistas (y las fotografías realizadas durante la entrevista) y que se estructuraron en seis ejes temáticos: historia personal y red de relaciones sociales; hogar/vivienda; vecindario; uso del tiempo/actividades cotidianas; salud y bienestar; y pandemia/post-pandemia. También se identificaron varios códigos en vivo que tenían un gran poder explicativo para aclarar las ideas y los sentimientos de las personas entrevistadas. A la vez, se construyó un sistema de memos analíticos en el que nos basamos para analizar y redactar los resultados.

En algunas ocasiones, y solamente con las personas que aceptaban hacerlos, se hicieron paseos por el barrio con el objetivo de observar cómo se sentían al pasear, qué recorrido escogían hacer y qué comentaban de los lugares de su vida cotidiana. Las entrevistas a pie permitieron comprender la espacialidad de las experiencias de los adultos mayores en el lugar y revelar el papel de las habilidades corporales en el uso del barrio (Lager et al., 2021).

El guion de entrevista contenía preguntas para captar cómo se sienten estas personas en su día a día, qué necesidades, dificultades y deseos tienen, cómo se desarrolla su vida cotidiana, qué ayudas dan y reciben, cuál es su sentido de pertenencia al barrio y que uso hacen del espacio público. El guion se dividió en tres bloques. El primero contenía preguntas relacionadas con la historia personal, historia migratoria, hogar y vivienda, escalera de vecinos, relaciones familiares, red de amistades y red comunitaria, tiempo libre y vivencias durante el confinamiento. Conocer su historia migratoria (9 provienen de otras partes de España y migraron en los años 50 y 60, mayoritariamente), sus características familiares o su trayectoria laboral nos ayudó a contextualizar mejor las valoraciones que hacen de su vida cotidiana actual, las ayudas que reciben y las estrategias que siguen para hacerse mayor con el máximo de bienestar posible.

En el segundo bloque se preguntaba sobre la historia residencial, el sentido de pertenencia al barrio, la vida asociativa, las transformaciones y cambios observados en el barrio, así como una valoración de los aspectos positivos y negativos del mismo. También se preguntaba por el uso de los espacios públicos y los equipamientos, la movilidad y las propuestas de mejora que tienen para el barrio y la ciudad. Por último, el tercer bloque tenía como objetivo indagar sobre la salud, el estado de ánimo y el bienestar de estas personas, especialmente teniendo en cuenta los efectos de la pandemia y la situación actual tras la misma.

Todas las entrevistas se realizaron en el domicilio de estas personas, se hicieron en catalán (21 entrevistas) y algunas en castellano (9), y duraron alrededor de los 90 minutos. El hecho de hacer las entrevistas en sus casas permitió captar sus condiciones de vida (tamaño del hogar, luz natural, vistas al exterior, adecuación de baños) y la accesibilidad a la calle (observar si había o no, por ejemplo, ascensor y rampas en el portal) y complementó algunas de las observaciones que se hicieron durante la conversación ya que, a menudo, hacían referencia a objetos del hogar (fotografías de hijos/as o nietos/as colgadas en la pared, cuadros, animales domésticos, plantas).

De esta forma, el lugar de la entrevista ofreció información sobre la forma en la que las personas construyen sus identidades y produce “micro-geografías” de relaciones espaciales y significado (Sin, 2003).

Las personas entrevistadas tienen edades comprendidas entre los 73 y los 95 años de edad, siendo 86,1 años la edad media de las mujeres entrevistadas. La mayoría son nacidas en Barcelona y viven solas; y dos terceras partes tienen hijos, viven en pisos de propiedad y tienen dificultades para caminar (Tabla 1).

Tabla 1. Perfil de las mujeres mayores entrevistadas

		Mujeres
Grupo de edad	De 75 a 79 años	4
	De 80 a 84 años	7
	De 85 a 89 años	13
	Más de 90 años	6
Lugar de nacimiento	En Barcelona	18
	En el resto de Cataluña	2
	En el resto de España	9
	En el extranjero	1
Con o sin hijos	Con descendencia	20
	Sin descendencia	10
Composición del hogar	Vive una única persona	24
	Viven dos o más personas	6
Nivel socioeconómico atribuido*	Bajo	8
	Medio-bajo	4
	Medio	12
	Medio-alto	6
Movilidad	Buena movilidad	10
	Mala movilidad**	20
Tenencia vivienda	Alquiler	10
	Propiedad	20
Total		30

*La clasificación de esta categoría se ha realizado a partir de la observación de varios atributos de la persona entrevistada: pensión, ayuda pública o privada recibida, barrio en el que se vive y características de la vivienda.

**Necesitan salir a la calle acompañados con algún artilugio (bastón, andador, silla de ruedas) o por alguna persona.

Fuente: Elaboración propia.

3. Lugares cotidianos y estrategias para el bienestar

En este apartado hacemos un recorrido para comprender mejor qué estrategias siguen las mujeres a distintas escalas (desde el cuerpo hasta el barrio, pasando por el hogar y la escalera de vecinos) para encontrar bienestar en sus lugares cotidianos (desde los espacios íntimos a los públicos). Poner el foco en las estrategias que siguen a distintas escalas puede ayudarnos a comprender mejor la complejidad de lo que supone envejecer no solo en espacios públicos, como es el barrio y la ciudad, sino también en otros espacios cotidianos privados, como es el cuerpo y el hogar.

3.1. Cuerpos mayores: entre el dolor y la resignación

“Yo no le encuentro ninguna gracia al ser vieja (...). No quiero ser una carga para los hijos porque es una sensación muy desagradable. Es que hoy en día no tienen el tiempo material para ocuparse de ti. Ya he hecho todo lo que tenía que hacer en este mundo (...). Te tratan como si fueras tonta (...). Somos mayores, pero no somos tontos (...). Me gustaría que el cuerpo me respondiese para hacer muchas cosas que no puedo hacer y es él el que se ha quedado atrás. Esto me ha costado mucho aceptarlo. Me miro en el espejo y no me reconozco (...). Yo cuando escucho hablar de la gente mayor parece que no hablan de mí. ¡No te dejes dominar por la carcasa! Se tiene que andar mucho, pero sobre todo mantener el espíritu joven” (Claudia³, 81 años).

La narración de esta entrevistada introduce muy bien qué significa para estas personas hacerse mayor: saber que el cuerpo no responde de la misma forma a cómo lo hacía años atrás, no querer ser una carga para los hijos (en el sentido simbólico, pero también en el sentido corporal), no poder hacer las mismas actividades que se hacían años atrás o ver cómo las infantilizan (en el trato con el médico o con las actividades propuestas en los casales de personas mayores, por ejemplo).

El cuerpo es lo que somos y a través de él experimentamos nuestras emociones y nos conectamos con el mundo. Los cuerpos ocupan espacios y, a la vez, son espacios en sí mismos; son lugares físicos donde imprimimos nuestra identidad. Entender la experiencia del cuerpo puede ser esencial para entender las relaciones de las personas con los ambientes físicos y sociales (Longhurst, 1997). Sus cuerpos juegan un papel esencial a la hora de configurar las experiencias en los lugares. ¿Qué papel juega el cuerpo cuando envejecemos? ¿Cómo se lee desde fuera un cuerpo mayor? El dolor en el cuerpo, la pérdida de los sentidos (de la vista y el oído, especialmente), las dificultades para caminar son algunos de los cambios que experimentan los cuerpos mayores. La experiencia de hacerse mayor ha centrado su atención en la cosificación y en la alterización de las personas mayores porque envejecer no tiene que ver solamente con una cuestión biológica sino también tiene que ver con una cuestión social y cultural (Twigg, 2004). Desde una perspectiva feminista, Twigg (2004) explora la interrelación entre cuerpo, género y edad y reflexiona sobre la invisibilidad de los cuerpos femeninos cuando son mayores (porque ya no se ven), la hipervisibilidad de sus cuerpos (porque es todo lo que vemos) o la infantilización que a menudo hacemos de las personas mayores.

A pesar del dolor en el cuerpo, las mujeres mayores entrevistadas saben que cuidarlo pasa por mantenerlo activo y hacer actividades varias y ejercicios diarios (como salir a caminar): *“Como te acobardes no haces nada”* (Alba, 87 años). Sienten, también, que hacerse mayor provoca lástima: *“No quiero que me tengan pena, quiero ser yo, bien o mal, quiero tirar adelante”* (Encarna, 93 años); y, a la vez, da miedo porque nadie nos anticipa cómo estaremos de salud, si estaremos o no acompañados, aunque, como señala la siguiente entrevistada, la vejez debería considerarse un logro: *“Yo pienso que todos tienen miedo a envejecer y, bueno, tendría que ser un premio (...). Es muy difícil envejecer”* (Judith, 84 años). Sin embargo, el malestar provocado por los problemas de salud son algunas de las emociones que más salen a relucir y se observa que en muchas ocasiones son determinantes para limitar las actividades diarias que conectan socialmente con la comunidad (salir a comprar, visitar a otros familiares y amistades, asistir a cursos y talleres en los equipamientos del barrio):

“Tengo los huesos fatal, los tengo como un papel de fumar” (Amparo, 83 años).

3. Todos los nombres propios de personas que aparecen han sido inventados para preservar la confidencialidad de la información.

“Cuando me preguntan qué me duele, respondo: ¡todo menos el cabello! Porque hasta las uñas de los dedos, según cómo, también me duelen. Mi movilidad es muy precaria, cada vez me cuesta más moverme” (Mercedes, 89 años).

Sus cuerpos mayores necesitan cuidados de otras personas, en muchos casos mujeres migrantes que las atienden en todo lo que tiene que ver con la higiene personal (las visten y las lavan), quedando cada vez expuestas a la mirada y al tacto de otras personas. En la siguiente cita, una mujer mayor agradece los cuidados que recibe, pero se queja de la rotación de personal en estos trabajos domésticos y de atención domiciliaria que no dejan de ser precarios, estar invisibilizados y mal pagados:

“Toda la América del Sur creo que ya me conoce el culo porque casi cada semana viene una diferente (...). Creo que es porque pagan poco” (Encarna, 93 años).

A pesar de todos los cambios experimentados en su cuerpo, son mujeres que aceptan sus limitaciones corporales, se cuidan, piden ayuda, van al médico cuando lo necesitan y se mantienen activas diariamente con actividades que se ven capaces de hacer y que les gustan. Han desarrollado lo que Steverink et al. (2005) señalan como la agencia en el envejecer, es decir, la capacidad de ser agentes de la propia vida, la posibilidad de tomar decisiones que nos atañen y conseguir un estado de ánimo positivo o unas expectativas positivas haciendo frente a los problemas y a las dificultades que pueden ir surgiendo en el día a día.

3.2. El hogar y la escalera de vecinos: una de cal y la otra de arena

“Cuando te haces mayor tampoco necesitas tantas cosas. [Lo que más necesitas es] estar bien en casa, que tengas una casa en la que te encuentres bien” (Lidia, 78 años).

En esta etapa vital los ritmos se apaciguan y la casa se convierte en un lugar seguro en el que lo más valorado es encontrarse a gusto. El significado de la palabra “hogar” ha ido cambiando a lo largo del tiempo, pero para las mujeres la idea de arraigo continúa siendo una característica intrínsecamente asociada al espacio doméstico (Barry et al., 2017). El hogar no es solo una construcción física o una materialidad sino que va más allá y constituye, a la vez, un cúmulo de ideas, sentimientos y emociones que puede ser positivo (pertenencia, deseo, intimidad), negativo (miedo, violencia, alienación) o los dos a la vez (Blunt y Dowling, 2006). Es un reflejo de las ideas de una persona, un lugar para la continuidad, un lugar que facilita las relaciones con la familia y los amigos, un centro de actividades, un indicador del estatus personal, un ideal cultural y, en algunos casos, una fuente de opresión de género (Barry et al., 2017; Gillsjö y Schwartz-Barcott, 2011; Mallett, 2004). Para nuestras entrevistadas, el hogar era el lugar de la familia, del esposo y los hijos y, en algunas ocasiones, de los abuelos y abuelas que vivían con ellos; pero también el lugar compartido con la madre o hermana, en el caso de que estuvieran solteras. Para unas la casa era y continúa siendo un lugar de confort y seguridad, un lugar de pertenencia y arraigo, mientras que para otras fue un lugar hostil e inhabitable en el pasado, transformado hoy en un lugar apacible una vez viven solas. En todos los casos, el hogar pasa a convertirse en el centro del día a día de estas mujeres.

En el momento de la entrevista, 24 mujeres viven solas (viudas o separadas) y 6 mujeres viven acompañadas (con esposa, hijos u otros familiares). Sentirse a gusto en sus casas o sentirse solas no se relaciona directamente con vivir solas o acompañadas. Se podría llegar a pensar que vivir junto con un nieto, un hijo o un hermano las podría hacer sentirse a gusto, pero para tres mujeres,

donde la convivencia no es por elección sino por obligación (y debido, sobre todo, a cuestiones económicas), la relación no es fluida y se sienten a disgusto en su casa, aunque ninguna de ellas piensa en trasladarse a otro lugar.

Quieren estar en su casa tanto tiempo como puedan y no quieren ir a vivir ni con sus hijos en otros barrios o municipios o en una residencia para personas mayores porque en su casa, independientemente de cómo estén de salud y de cómo se sientan, todavía la ven como un refugio y pueden ir tomando sus propias decisiones: “*a mí me gusta volar y en una residencia no puedes hacer lo que te dé la gana*” (Marisa, 84 años). Quieren vivir en su casa cuanto más tiempo mejor porque es su lugar de referencia donde aparecen sentimientos de familiaridad, seguridad y pertenencia.

La casa guarda un significado especial para las personas mayores porque, independientemente de que es un espacio donde pasan la mayoría del tiempo diario, es un lugar íntimo que conecta con su identidad y su historia personal a lo largo de su ciclo vital, y da valor a su vida cotidiana (Tanner et al., 2008). Hacer la entrevista en sus casas nos dio la oportunidad de ver cómo los recuerdos están muy presentes y materializados en forma de fotografías (de boda, nacimientos, celebraciones, viajes), colgadas en las paredes o en álbumes, y de objetos diversos recibidos como regalos o comprados en alguna ocasión especial. En mitad de la entrevista hacen referencia a ellos, los señalan y nos levantamos a verlos. Nos muestran también sus animales de compañía y sus bastones, andadores y sillas de ruedas que usan en casa o cuando salen a caminar.

Cuando termina la entrevista, la mayoría de ellas, quieren enseñarnos detalles de sus espacios domésticos: la ventana o el balcón que las conecta con el exterior y que fueron tan importantes durante el confinamiento, las habitaciones, la cocina, los baños adaptados, el pasamanos a lo largo del pasillo que les da seguridad. Las adaptaciones en casa, sobre todo en el sanitario y la ducha, permiten a estas personas continuar con sus rutinas y acomodar sus necesidades a la accesibilidad, seguridad y confort (Tanner et al., 2008), siendo crucial, además, para envejecer bien en el lugar.

La casa también es el espacio donde se materializa la soledad, sobre todo para las mujeres que pasan a vivir solas al perder el marido. En algunas ocasiones esta pérdida se relaciona también con la pérdida del círculo de amistades y actividades que se hacían conjuntamente. Hay mujeres también que a pesar de vivir solas se sienten a gusto porque tienen personas a su alrededor, familiares o no, que están pendientes de sus deseos y necesidades. Pueden ser personas de su círculo familiar (normalmente hijos/as, nietos/as, sobrinos/as) o personas que, contratadas por ellas o por los servicios sociales del Ayuntamiento de Barcelona, les van a comprar, les limpian la casa, las asean, las ayudan a vestirse o las acompañan a pasear. Concretamente, el Servicio de Ayuda a Domicilio (SAD) ofrece ayuda a personas con una autonomía limitada o en situación de vulnerabilidad que necesitan un apoyo en su casa para mantenerse en el domicilio habitual con unas condiciones aceptables de convivencia en su entorno familiar y comunitario. Su finalidad es dar apoyo a la hora de realizar las actividades cotidianas de la vida diaria (higiene personal, ir a comprar, organización de las comidas y del hogar) para promover su autonomía personal y mejorar su calidad de vida. Se observa un cambio generacional ya que algunas mujeres mayores comentan que tuvieron que cuidar de sus madres, padres o suegros/as hasta que se murieron y lo hicieron de forma continuada, y no puntual como ahora, ya que vivían todos en la misma casa. Mientras que las mujeres que están contratadas prestan sus servicios de cuidado con visitas diarias o semanales, los familiares (hijos/as, mayoritariamente) hacen visitas más puntuales, a veces dilatadas en el

tiempo, y llamadas telefónicas. La casa se convierte así, con estas idas y venidas de personas que cuidan y acompañan, en un lugar poroso y abierto a familiares y mujeres cuidadoras, un lugar que transita entre lo privado y lo público de forma más fluida que en tiempos pasados.

¿Qué actividades hacen en sus casas estas mujeres cuando están solas? El cuidado de las plantas es quizás la actividad que más satisface a estas mujeres. Hay plantas en el interior, en las ventanas o en los balcones y su cuidado ofrece la oportunidad de dedicar un tiempo y unos cuidados hacia un ser vivo. Estar pendientes de regarlas, sacarles las hojas secas y verlas crecer les provoca un sentimiento de alegría y bienestar y lo expresan con estas palabras: “*parece que me hagan compañía*”, “*¡son mi vida!*”, “*son la ilusión de mi vida*”, “*las flores, ¡me encantan!*”, “*las cuido mucho, me gustan mucho*”, “*es lo que más me distrae, cuidarlas*” (Figura 1 y 2).

Figura 1 y 2. Plantas en el balcón y en el comedor



Fuente: Fotografías realizadas durante el trabajo de campo.

En algunos casos la falta de movilidad hace que tengan que renunciar incluso al cuidado de las plantas. Lo explican con tristeza dos mujeres que necesitan siempre artilugios para moverse (silla de ruedas y caminador) y no pueden acceder a la terraza donde las tenían porque un escalón les impide hacerlo.

Para Rokach (1990) es importante hacer hincapié en la importancia de aprender a pasar tiempo en soledad reestructurando las creencias sobre las actividades solitarias y potenciando las “habilidades solitarias” como estrategias para afrontar la soledad. Además de cuidar las plantas, en casa hacen otras actividades como leer, mirar la televisión, hacer media, hacer crucigramas, jugar a cartas, pero también alguna mujer toca el piano (aprendió a tocar cuando se jubiló), hace meditación o mira series de Netflix, y solamente una navega por internet porque le permite mantener activas sus redes de contactos. Aseguran que no se aburren nunca: “*Yo soy muy manitas, no me aburro nunca, no sé*” (Encarna, 94 años) y “*Me gusta entretenerme*” (Amelia, 88 años). Algunas mujeres apuntan también que todavía pintan, dibujan o hacen manualidades varias, pero otras comentan que cada vez dedican menos tiempo a ello debido a sus problemas de salud (figuras 3, 4 y 5):

Figuras 3, 4 y 5. Ejemplos de cuadros y pinturas realizados por las entrevistadas



Fuente: Fotografías realizadas durante el trabajo de campo.

A diferencia de la casa, que es sinónimo de tranquilidad y seguridad para la mayoría de las mujeres entrevistadas, la escalera de vecinos se ha convertido a lo largo de los años en un lugar que despierta cierta indiferencia. Esto es debido a que a la pérdida de familiares y amigos se les suma la pérdida de vecinos de escalera con los cuales se ha convivido muchos años y que representan un elemento importante en la red de apoyo que tienen las personas mayores (Elliott et al., 2014; Shamur, 2023).

Las redes naturales de vecindad, redes informales de relaciones que mejoran el bienestar y configuran la cotidianidad de las personas mayores que envejecen en el barrio donde han vivido muchos años (Gardner, 2011), juegan un papel importante en el conjunto de relaciones sociales, y normalmente se describen como recíprocas y de apoyo mutuo. Sin embargo, no solo en Barcelona sino también en otras ciudades europeas, el número de personas conocidas en su comunidad local (concretamente, en la escalera de vecinos) va disminuyendo, siendo reemplazadas por un creciente número de personas más jóvenes (Mackenzie et al., 2015) y turistas que alquilan apartamentos turísticos, causando malestar y rechazo en algunos casos:

“Lo que pasa es que alquilan aquí muchos pisos para turistas y todo esto... Y estos son los que nos están estropeando la casa, el ascensor” (Natalia, 95 años).

La pérdida de la red vecinal observada en muchos barrios de Barcelona tuvo también sus consecuencias en el periodo de confinamiento de la pandemia. A la pregunta “¿Algún vecino o vecina de la escala la ayudó durante el confinamiento?”, Marisa (84 años), responde categóricamente “No”. Y Gloria (86 años), explica que sus vecinos de rellano, un matrimonio de alrededor de los 70 años, nunca se ofrecieron a sacar su bolsa de basura a la calle, a pesar de coincidir los dos en el momento de hacerlo. Afortunadamente no siempre fue así y algunas mujeres señalan la solidaridad vecinal incluso con los vecinos más recientes.

3.3. La comunidad y el barrio: gratitud y esperanza

Las redes de amistad son comparativamente más fluidas y menos delimitadas espacialmente (Bunnell et al., 2012) que otras escalas que estamos analizando en este artículo, como el hogar o el vecindario. Las amistades a menudo cruzan las esferas privada y pública y, a partir de las geografías de los encuentros corporalizados entre amigos, se materializan emociones como el amor, la alegría, la felicidad, la confianza, la esperanza, pero también la desesperación, la tristeza, el resentimiento, el miedo, la envidia o el pudor (Bunnell et al., 2012).

A pesar de que, sin lugar a duda, las amistades son importantes para mantenerse activas socialmente, en el caso de las personas entrevistadas, éstas juegan un papel débil en la configuración de la ayuda física o emocional que reciben estas personas, debido a que muchos de los amigos han muerto o están enfermos o debido directamente a la inexistencia de ellos. Algunas personas mayores comentan que, debido a que cuando eran más jóvenes dedicaron mucho tiempo a trabajar o se volcaron mucho en sus familias, no tienen amigos:

“¡Es que he trabajado tanto! ¡Tanto y tantas horas de mi vida! No he tenido nunca sitio para las amigas” (Conchi, 93 años).

Investigaciones anteriores han identificado las relaciones familiares y no familiares como una de las áreas de apoyo más importantes para las personas mayores (Walker y Hiller, 2007). Pero la amistad es un tipo de relación que puede resultar difícil de mantener a medida que las personas envejecen debido a los problemas de salud relacionados con la edad, la jubilación o el fallecimiento mismo de los amigos. Con la edad, las personas prefieren mantener la interacción dentro de sus relaciones más cercanas, con familiares y amigos íntimos, que han sido fuentes fiables de apoyo y experiencias emocionales positivas durante muchos años, y tienden a interactuar con menos frecuencia con amigos y conocidos más ocasionales (Stevens, 2001).

En nuestro estudio, el papel de la comunidad como generador de apoyo y amistad queda representada por las voluntarias (sobre todo mujeres) de los Amigos de los Mayores que consiguen revertir en muchos casos la soledad y cuidan a las personas mayores usuarias de esta entidad. Debidamente coordinadas con los servicios sociales, los Amigos de los Mayores ofrece una respuesta directa al reto del aislamiento social de las personas mayores y acompaña emocionalmente a las personas mayores a través de personas voluntarias que van a visitarlas, realizan actividades que las mantienen integradas en la comunidad y hacen campañas de sensibilización contra los estereotipos edatistas.

“Un trabajo fantástico”, “un inmenso favor que nos hacen” y “son muy cariñosos” son algunas de las descripciones que hacen las personas mayores al referirse el trabajo que hacen las personas voluntarias. Las mujeres mayores esperan con ganas el día de visita de las personas voluntarias a su domicilio y durante unas horas semanales conversan y salen a pasear con ellas por el barrio:

“Me ha dado ganas de vivir [se emociona] (...), porque se preocupa mucho (...), me aconseja muchísimo. María es un sol (...). Se preocupa de mí tanto que a veces creo que es mi nieta en vez de ella” (Luisa, 93 años).

“Cuando murió mi marido me encontré muy sola (...). Me vino Elena que es una de las mejores cosas que me ha pasado (...). Es la mejor amiga, la mejor consejera, la mejor compañera. ¡Todo, lo tiene todo!” (Marisa, 84 años).

La mayoría de las mujeres entrevistadas viven en el mismo barrio desde hace décadas y se sienten a gusto en él. Como en el estudio de Gómez y Lebrusán (2022), dicen sentirse bien en su barrio y no lo cambiarían para ir a vivir a otro barrio de la ciudad porque han desarrollado un sentido de pertenencia en el lugar, conocen bien sus calles y espacios públicos, valoran la familiaridad del entorno (a pesar de los cambios urbanos acaecidos en algunos barrios) y tienen identificados los comercios donde van a comprar y los servicios que utilizan.

A lo largo de los años han visto cambios importantes como la desaparición de fábricas, carpinterías, lecherías, colmados, pescaderías o carnicerías y, recientemente, el cierre de sucursales bancarias y la consecuente desaparición de cajeros automáticos que, según muchas de ellas, les ha complicado su día a día y ahora les obliga a tener que desplazarse más lejos para retirar dinero. Otros cambios que han observado han sido la creación de nuevos espacios públicos, equipamientos de barrio (centros cívicos, casales de gente mayor y bibliotecas) y nuevos comercios. A estos cambios más urbanos habría que añadir cambios sociales, como la llegada de población migrante o turistas, y es que muchas personas comentan que cuando van por la calle no reconocen a nadie:

“Ahora ya no hay ninguno que me conozca, digo buenos días y buena hora y no me contestan” (Amanda, 89 años).

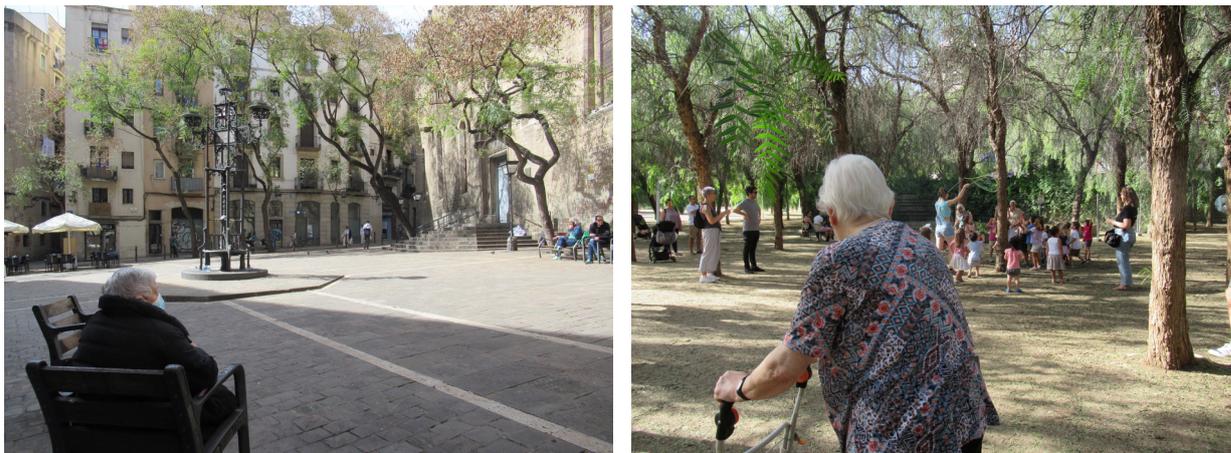
Algunas mujeres entrevistadas residentes en barrios que han sufrido transformaciones importantes muestran una sensación de desubicación. Incluso cuando los residentes mayores permanecen en su lugar de residencia, pueden experimentar sentimientos de extrañeza, inseguridad y exclusión social debido a todos los cambios sociales y urbanos acaecidos en el barrio (Burns et al., 2012; Dahlberg, 2020). En el caso de las mujeres entrevistadas se observa que tienen relaciones significativas con personas de su alrededor (familiares, personas voluntarias, vecinos) y valoran la seguridad y comodidad de su barrio aunque hayan “encogido” su radio de acción en éste o en la ciudad (Milton et al., 2015), sus salidas a la calle sean menos frecuentes y sus actividades sociales más reducidas, se sientan “demasiado viejas” para participar activamente en la sociedad y pasen la mayor parte del tiempo en casa.

El hecho de que algunas personas mayores necesiten salir a la calle usando bastón, caminador, carrito de la compra (utilizada como caminador), silla de ruedas manual o eléctrica, y no puedan hacerlo si no van acompañadas por otras personas, podría explicar por qué el barrio se ha empequeñecido para ellas y las calles o los espacios públicos frecuentados son cada vez menos. Por su parte, las personas mayores con una buena movilidad que salen solas a comprar, a tirar la basura, al médico o a pasear y no necesitan para ello ningún artificio, lo hacen caminando despacio y atentas a su alrededor (a las bicicletas, a los patinetes, a los bancos por si requieren sentarse). Cuando se les pregunta qué les gustaría que hubiese en el barrio para satisfacer sus necesidades y deseos sugieren espacios de encuentros cómodos y accesibles:

“Más espacios para las personas mayores. Porque aquí sí que hay bancos, pero no tenemos un espacio. [Me lo imagino] como una glorieta. Para hablar, para hacer amigos, para estarse (...). Un espacio abierto donde la gente pudiera hablar” (Irene, 88 años).

Tal y como sugiere Irene, proporcionar lugares para reunirse con otras personas puede facilitar la pertenencia social y los intercambios en la comunidad; además de que las actividades realizadas conjuntamente, como los grupos para caminar por el vecindario y la ciudad (Prins et al., 2016), pueden mejorar la salud y, a la vez, ser beneficiosas para mejorar el apego al vecindario. En la misma línea, cuando salimos a pasear con las mujeres mayores por su barrio uno de los aspectos más valorados es la existencia de bancos en el espacio público y la vitalidad urbana (relacionada con la accesibilidad, la caminabilidad y la diversidad de personas, usos y propósitos en un espacio común y en distintos momentos del día, según Delclòs-Alió y Miralles-Guasch, 2021) (Figuras 6 y 7).

Figuras 6 y 7. Paseo por el barrio con mujeres mayores



Fuente: fotografía realizada durante el trabajo de campo.

La movilidad y, en particular, caminar es fundamental en el proceso de envejecer en el lugar para responder a las necesidades y actividades cotidianas (Bigonnesse y Chaudhury, 2022). El desplazarse a pie hace más explícito el contexto geográfico de las experiencias (Anderson, 2004) y favorece el apego al lugar y sentido de familiaridad gracias a las interacciones sociales espontáneas que se hacen mientras se camina por el barrio (Buffel et al. 2014; Gardner 2011). Salir a la calle está relacionado con la posibilidad de ver gente y relacionarse con otras personas:

“Es que, si pudiera andar, podría salir y hacer amistades, por ejemplo, donde te sientas. A mí me gusta hablar con la gente y cojo amistades, pero como no puedo salir...” (Eugenia, 88 años).

“A mí me gustaría salir, ir a comprar yo. Ahora me han traído una muleta y un bastón, pero si llevo un bastón, ¿cómo llevo el carrito de comprar? Ahora no puedo ir sin bastón” (Matilde, 85 años).

Otro aspecto que agradecen y valoran cuando salen a la calle es ver plantas y árboles. Judith, por ejemplo, no sale a la calle si no es gracias al voluntario de los Amigos de los Mayores que la ayuda a cargar con la máquina portátil de oxígeno sin la cual no podría salir. El paseo semanal se reduce a ir hacia un lado y otro de la calle donde vive. Desde la ventana de su casa ve un árbol y cuando sale se sienta en el descansillo que queda debajo de él (figura 8):

“Le llamo mi árbol porque hay un árbol torcido allí enfrente. Salgo con mi carrito, me siento ahí a ver pasar la gente y nos saludamos (...). Me siento un rato ahí, hablo con la gente y miro todo ese verde... Es muy lindo en una ciudad con tanto movimiento. ¿Ve ese árbol torcido que tiene césped debajo? Allí me siento” (Judith, 84 años).

Figura 8. Vistas del árbol torcido que Judith ve frente a su ventana



Fuente: fotografía realizada durante el trabajo de campo.

4. Conclusiones

En este artículo hemos presentado las experiencias y las necesidades cotidianas de mujeres mayores que quieren y desean envejecer en su casa y en su barrio. Al examinar los lugares de vida cotidiana localmente específicos y significativos de estas personas, hemos visto cuáles son sus problemas y sus retos diarios, cómo se sienten y qué estrategias siguen para conseguir el máximo de bienestar posible. Los retos cotidianos son distintos según las distintas escalas que habitamos: el cuerpo, la casa (el hogar), la escalera de vecinos, la comunidad y el barrio, y a través de los cuales, y fijándonos en qué actividades hacen, cómo lo hacen y con quien las hacen (o si las hacen solas), podemos describir qué significa envejecer en el lugar. Unos son lugares íntimos, otros privados y otros públicos, pero todos ellos son lugares cotidianos porosos y fluidos donde sentimos emociones variadas, nos relacionamos con personas distintas y hacemos actividades diversas.

El lugar al que más hacen referencia es su cuerpo y lo hacen cuando hablan de su (mala) salud y, seguidamente, su hogar ya que es el lugar donde pasan más tiempo. Su cuerpo se hace cada vez más visible (por los problemas de salud y por las limitaciones de movilidad) y el hogar se vuelve más poroso porque entran y salen frecuentemente personas de dentro y fuera de su ámbito familiar que las ayudan en su día a día (aseándolas, limpiando la casa, yendo a comprar). Otro lugar, el de la comunidad (o el de la amistad), es el más fluido y está representado por los voluntarios de la entidad Amigos de los Mayores que rompen la rutina de soledad no deseada y acompañan a las personas mayores dentro del hogar o fuera, sacándolas a pasear por el barrio. Las salidas por éste se van reduciendo, pero no por ello dejan de ser necesarias para favorecer el arraigo al lugar y promover la interacción social.

En la misma línea que algunos estudios referenciados en este artículo, hemos observado que la sensación de elección y control sobre el ámbito doméstico es necesaria para el bienestar emocional, social y físico de estas personas y su autonomía y satisfacción vital. Sin embargo, junto al hogar aparece el barrio como otro espacio de referencia que debe ser abordado con detenimiento a la hora de planificar una adecuada distribución y acceso a todo su conjunto de equipamientos y servicios. Mackenzie *et al.* indican que estos dos espacios, hogar y barrio, deben constituirse

como “entornos favorables” en el sentido de que “son aquellos que han sido bien diseñados para permitir a las personas mantener la independencia en las actividades de la vida diaria a pesar de los crecientes niveles de discapacidad y deterioro funcional, por ejemplo, hogares adaptables, accesibles, funcionales y libres de peligros estructurales o ambientales; y comunidades y barrios transitables, accesibles y seguros (...). Los entornos favorables son también aquellos que facilitan la inclusión social y los sentimientos de seguridad y pertenencia a la comunidad, así como un sentimiento de conexión con los demás” (Mackenzie et al., 2015, p. 1688-1689).

La contribución de este artículo a los estudios sobre personas mayores en la ciudad ha permitido, a partir de un análisis cualitativo, identificar estrategias no siempre visibles en los estudios cuantitativos o en las bases de datos existentes sobre el envejecimiento, sobre todo en el grupo de personas mayores (de más de 85 años) con poca presencia en el espacio público. En esta línea, este artículo subraya la importancia de tener la posibilidad de cuidarse y que nos cuiden, de adaptar nuestras casas para permitir el autocuidado, y de tener un entorno local adecuado que favorezca en todo momento el contacto social y la actividad física. Cada etapa vital lleva consigo una utilización y una apropiación distinta de nuestro cuerpo y de nuestro entorno local más inmediato, así como una percepción distinta de ellos. Sin embargo, es fundamental reconocer la diversidad de experiencias en el envejecimiento, considerando las características individuales, el entorno familiar y social y el lugar de residencia. Estos factores pueden ser considerados en el diseño de políticas y programas que aborden las necesidades sociales y emocionales de las personas mayores. En este sentido, es recomendable establecer sistemas adecuados de apoyo comunitario, como servicios de cuidado a domicilio, centros de día o programas de voluntariado, y fomentar estrategias que contemplen el refuerzo de los servicios de apoyo social y comunitario, programas de envejecimiento activo, grupos de voluntariado y redes de apoyo intergeneracionales, para facilitar la participación social y la creación de conexiones significativas.

Bibliografía

- Ajuntament de Barcelona (2020). *Encuesta Sociodemográfica de Barcelona, 2020*. Recuperado de/Retrieved from https://ajuntament.barcelona.cat/estadistica/castella/Estadistiques_per_temes/Poblacio_i_demografia/Poblacio/Enquesta_sociodemografica/esd2020/index.htm
- Anderson, J. (2004). Talking whilst walking: a geographical archaeology of knowledge. *Area*, 36 (3), 254-261. doi:10.1111/j.0004-0894.2004.00222.x
- Beyer, A., Kamin, S. T., & Lang, F. R. (2017). Housing in old age: dynamical interactions between neighborhood attachment, neighbor annoyance, and residential satisfaction. *Journal of housing for the elderly*, 31 (4), 382-393. doi: 10.1080/02763893.2017.1335671
- Barry, A., Heale, R., Roger, P., & Lavoie, A. M. (2017). The meaning of home for ageing women living alone: An evolutionary concept analysis. *Health and Social Care in the Community*, 26 (3), 337-344. doi: 10.1111/hsc.12470
- Bigonnesse, C., & Chaudhury, H. (2022). Ageing in place processes in the neighbourhood environment: a proposed conceptual framework from a capability approach, *European Journal of Ageing*, 19, 63-74. doi: 10.1007/s10433-020-00599-y
- Blunt, A., & Dowling, R. (2006). *Home*. Oxon, Reino Unido: Routledge.
- Buffel, T., Verté, D., de Donder, L., De Witte, N., Dury, S., Vanwing, T., & Bolsenbroek, A. (2012). Theorising the relationship between older people and their immediate social living environment, *International Journal of Lifelong Education*, 31(1), 13-32. doi: 10.1080/02601370.2012.636577
- Buffel, T., de Donder, L., Phillipson, C., de Witte, N., Dury, S., & Verté, D. (2014). Place attachment among older adults living in four communities in Flanders, Belgium, *Housing Studies*, 29 (6), 800-822. doi: 10.1080/02673037.2014.898741
- Bunnell, T., Yea, S., Peake, L., Skelton, T., & Smith, M. (2012). Geographies of friendships, *Progress in Human Geography*, 36 (4), 490-507. doi: 10.1177/0309132511426606

- Burns, V. F., Lavoie, J. P., & Rose, D. (2012). Revisiting the role of neighbourhood change in social exclusion and inclusion of older people, *Journal of Aging Research*, 1-12. doi: 10.1155/2012/148287
- Celdrán, M., & Martínez, R. (2020). La soledad en personas grans: com fer-hi front des de la seva complexitat, *Barcelona Societat*, 25, 94-104. Recuperado de/Retrieved from https://ajuntament.barcelona.cat/dretssocials/sites/default/files/revista/10_en_profundidad_celdran_bcn25_cat.pdf
- Dahlberg, L. (2020). Ageing in a changing place: a qualitative study of neighbourhood exclusion. *Ageing & Society*, 40, 2238–2256. doi:10.1017/S0144686X1900045X
- Day, R. (2008). Local environments and older people's health: dimensions from a comparative qualitative study in Scotland. *Health & Place*, 14 (2), 299-312. doi: 10.1016/j.healthplace.2007.07.001
- Delclòs-Alió, X., & Miralles-Guasch, C. (2021). Jane Jacobs en Barcelona: las condiciones para la vitalidad urbana y su relación con la movilidad cotidiana. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 67 (1), p. 51-72. doi: 10.5565/rev/dag.567
- Elliott, J., Gale, C. R., Parsons, S., Kuh, D., & The HALCYon Team (2014). Neighbourhood cohesion and mental wellbeing among older adults: a mixed methods approach, *Social Science & Medicine*, 107, 44-51. doi: 10.1016/j.socscimed.2014.02.027
- Finlay, J. (2021). Intimately old: from an embodied to emplaced feminist approach to aging. *Hypatia*, 36 (1). doi: 10.1017/hyp.2020.51
- Freixas, A. (2021). *Yo vieja*. Madrid, España: Capitán Swing.
- Gillsjö, C., & Schwartz-Barcott, D. (2011). A concept analysis of home and its meaning in the lives of three older adults. *International Journal of Older People Nursing*, 6 (1), 4-12. doi: 10.1111/j.1748-3743.2010.00207.x
- Gómez, M. V., & Lebrusán, I. (2022). Urban ageing, gender and the value of the local environment: the experience of older women in a central neighbourhood of Madrid, Spain, *Land*, 11 (9). doi: 10.3390/land11091456
- Gopinath, M. (2018). Thinking about later life: insights from the capability approach. *Ageing International*, 43, 254-264. doi: 10.1007/s12126-018-9323-0
- Grove, H. (2021). Ageing as well as you can in place: applying a geographical lens to the capability approach. *Social Science & Medicine*, 288. doi: 10.1016/j.socscimed.2020.113525
- Lager, D.R., Van Hoven, B., & Huigen, P. P. P. (2021). Neighbourhood walks as place-making in later life. *Social & Cultural Geography*, 22 (8), 1080-1098. doi: 10.1080/14649365.2019.1672777
- Lebrusán, I., & Gómez, M. V. (2022). The importance of place attachment in the understanding of ageing in place: "the stones know me". *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (24). doi: 10.3390/ijerph192417052.
- Lewis, C., & Buffel, T. (2020). Aging in place and the places of aging: A longitudinal study. *Journal of Aging Studies*, 54. doi: 10.1016/j.jaging.2020.100870
- Mackenzie, L., Curryer, C., & Byles, J. E. (2015). Narratives of home and place: findings from the housing and independent living study. *Ageing & Society*. 35 (8), 1684-1712. doi: 10.1017/S0144686X14000476
- Mallett, S. (2004). Understanding home: a critical review of literature. *The Sociological Review*. 52 (1), 62-89. doi: 10.1111/j.1467-954X.2004.00442.x
- Marsillas, S., Prieto, D., & Sancho, M. (2022). "La soledad y sus matices". En J. R. Riera (Ed.) *Las soledades. Reflexiones, causas y efectos*. Barcelona, España: Icaria editorial y Ayuntamiento de Barcelona.
- Milton, S., Pliakas, T., Hawkesworth, S., Nanchahal, K., Grundy, C., Amuzu, A., Casas, J. P., & Lock, K. (2015). A qualitative geographical information systems approach to explore how older people over 70 years interact with and define their neighbourhood environment. *Health & Place*, 36, 127-133. doi: 10.1016/j.healthplace.2015.10.002
- Pinazo-Hernandis, S., & Donio Bellegarde Nunes, M. (2018). *La soledad de las personas mayores. Conceptualización, valoración e intervención*. Madrid, España: Fundación Pílares.
- Prins, R. G., Kamphuis, C. B. M., de Graaf, J. M., Oenema, A., & van Lenthe, F. J. (2016). Physical and social environmental changes to promote walking among Dutch older adults in deprived neighbourhoods: The NEW. ROADS study. *BMC Public Health*, 16, 907. doi: 10.1186/s12889-016-3563-2
- Rokach, A. (1990). Surviving and coping with loneliness. *Journal of Psychology*, 124(1), 39-54. doi: 10.1080/00223980.1990.10543204
- Schmitz, A., & Lazarevič, P. (2020). The gender health gap in Europe's ageing societies: universal findings across countries and age groups?. *European Journal of Ageing*, 17, 509–520. doi: 10.1007/s10433-020-00559-6
- Sin, C. H. (2003). Interviewing in 'place': the socio-spatial construction of interview data. *Area*, 35(3), 305-312. doi:10.1111/1475-4762.00179

- Stevens, N. (2001). Combating loneliness: a friendship enrichment programme for older women. *Ageing and Society*, 21, 183-202. doi:10.1017/S0144686X01008108
- Steverink, N., Lindenberg, S., & Slaets, J. P. J. (2005). How to understand and improve older people's self-management of wellbeing. *European Journal of Ageing*, 2 (4), doi: 10.1007/s10433-005-0012-y
- Tanner, Bronwyn, Tilse, Cheryl & de Jonge, Desleigh (2008). Restoring and sustaining home: the impact of home modifications on the meaning of home for older people. *Journal of Housing for the Elderly*, 22 (3), 195-215, doi: 10.1080/02763890802232048
- Twigg, J. (2004). The body, gender, and age: Feminist insights in social gerontology. *Journal of Aging Studies*, 18 (1), 59-73. doi: 10.1016/j.jaging.2003.09.001
- Van Dijk, H. M., Cramm, J. M., Van Exel, J., & Nieboer, Anna P. (2015). The ideal neighbourhood for ageing in place as perceived by frail and non-frail community-dwelling older people. *Ageing & Society*, 35 (8), 1771-1795. doi: 10.1017/S0144686X14000622
- Walker, R. B., & Hiller, J. E. (2007). Places and health: a qualitative study to explore how older women living alone perceive the social and physical dimensions of their neighbourhoods. *Social Science & Medicine*, 65 (6), 1154-1165. doi: 10.1016/j.socscimed.2007.04.031
- Zhang, F., Loo, B.P.Y., & Wang, B. (2022). Aging in place: from the neighborhood environment, sense of community, to life satisfaction. *Annals of the American Association of Geographers*, 112 (5), 1484-1499. doi: 10.1080/24694452.2021.1985954

Agradecimientos

Agradecemos a la entidad Amigos de los Mayores el apoyo prestado a la largo de la investigación y, muy especialmente, a las mujeres y hombres entrevistados por su tiempo y por querer compartir con nosotros, tan amablemente, sus experiencias y valoraciones de su vida cotidiana en la ciudad.

Contribución de autorías

Anna Ortiz

Diseño de la investigación cualitativa; Realización de las entrevistas; Análisis del material cualitativo; Redacción del primer borrador del artículo; Revisión final del conjunto del artículo.

Núria Font

Diseño de la investigación cualitativa; Transcripción de las entrevistas; Análisis del material cualitativo; Revisión final del conjunto del artículo.

Miguel Solana

Diseño de la investigación cualitativa; Codificación de las entrevistas; Análisis del material cualitativo; Revisión final del conjunto del artículo.

Financiación

Los resultados presentados en este artículo se enmarcan en el proyecto de investigación "Aislamiento social y soledad entre las personas mayores urbanas: análisis y recomendaciones de política para la ciudad de Barcelona-GRANBCN" (21S09290-001), financiado por el Ajuntament de Barcelona en colaboración con Fundación "la Caixa" en el marco del Plan Barcelona Ciencia 2020-2023.

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Análisis geográfico del viñedo en el norte de la provincia de Córdoba (España) durante la segunda mitad del siglo XIX

Geographical analysis of the vineyard in the north of the province of Córdoba (Spain) during the second half of the 19th century

RICARDO MANUEL LUQUE REVUELTO¹  0000-0001-6148-4043

DANIEL MORENO MUÑOZ¹  0000-0003-2264-263X

RAFAEL CAÑETE AYLLÓN¹  0000-0002-5499-902X

¹ Universidad de Córdoba. España.

Resumen

La plaga de la filoxera en el siglo XIX produjo importantes pérdidas en el viñedo español, pero también supuso un cambio del mapa vitivinícola. Las zonas más aptas para el cultivo se recuperaron, mientras las zonas menos apropiadas como Sierra Morena, que comprende la parte norte de la provincia de Córdoba, lo fueron abandonando paulatinamente hasta casi desaparecer. Mediante sistemas de información geográfica se analiza la cartografía histórica de la segunda mitad del siglo XIX para localizar e identificar las características geográficas de esos antiguos viñedos, su extensión, situación, litología, pendientes, orientación o la convivencia con otros cultivos. Entre los resultados obtenidos se constata que en la zona de estudio su extensión superaba a la del sur de la provincia, en donde existe actualmente la consolidada denominación de vino Montilla-Moriles. A partir de la interpretación de los mapas obtenidos se exponen también algunas características de los desaparecidos paisajes de este viñedo de la montaña media mediterránea y se registran ciertas iniciativas de cara a su puesta en valor.

Palabras clave: Viñedo; cartografía histórica; Sierra Morena; Córdoba (España).

Fechas • Dates

Recibido: 2023.10.09
Aceptado: 2024.01.18
Publicado: 2024.02.19

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Ricardo Manuel
Luque Revuelto
ch1lurer@uco.es

Abstract

The phylloxera plague in the 19th century caused significant losses in the Spanish vineyards, but also led to a change in the wine-growing map. The area's most suitable for cultivation recovered, while the less suitable areas such as Sierra Morena, which includes the northern part of the province of Córdoba, were gradually abandoned until they almost disappeared. Using geographic information systems, the historical cartography of the second half of the 19th century was analyzed to locate and identify the geographic characteristics of these old vineyards, their extension, location, lithology, slopes, orientation and coexistence with other crops. Among the results obtained, it was found that in the study area their extension exceeded that of the south of the province, where the consolidated Montilla-Moriles wine appellation currently exists. From the interpretation of the maps obtained, some characteristics of the disappeared landscapes of this vineyard of the Mediterranean mid-mountains are also shown, and some initiatives for its valorization are registered.

Keywords: Vineyard; historical cartography; Sierra Morena; Córdoba (Spain).

1. Introducción

Sierra Morena ocupa la mitad norte de la provincia de Córdoba, quedando bien definida por su topografía y por el contraste visual de sus materiales paleozoicos con los terciarios y cuaternarios del Valle del Guadalquivir. Este ámbito subprovincial comprende las comarcas naturales e históricas del Guadiato y Los Pedroches.

Los paisajes agrarios actuales de Sierra Morena difieren de los pasados (Valle, 2016), aunque se mantienen muchos de los aprovechamientos tradicionales como los de cereal, dehesa, olivar y forestales. Sin embargo, otros han perdido el protagonismo que tenían en el contexto de una agricultura de montaña autosuficiente y escasamente desarrollada. Es así como el viñedo se fue ausentando de dichos paisajes desde finales del siglo XIX hasta mediados de siglo XX, si bien nunca llegó a desaparecer por completo.

La producción vitivinícola que alcanzó Sierra Morena, aunque de forma muy fragmentada espacialmente, era bastante significativa (Loma, 1984; Garcés, 1991; De Torres, 1994; Pantoja, 2007). Sus vinos, aunque no fuesen muy afamados, eran un producto de autoconsumo y constituían un complemento indispensable en la dieta campesina. Además, puesto que los espacios interiores de montaña albergaban en dicha época un poblamiento mucho más intenso que en el presente, el viñedo se extendía por todos ellos, por las vecinas Subbéticas (Osuna, 2021), la Sierra de Gádor en Almería (Haro y Sánchez, 2020), la Sierra de Salamanca (Baraja et al., 2019a), y muchas otras zonas de montaña, buena parte de las cuales, hoy en día, ostentan la consideración de Espacios Naturales Protegidos (Baraja et al., 2019b).

En los paisajes agrarios de Sierra Morena se manifestaba, y aún en día es visible, esa simbiosis entre aprovechamientos agrícolas y ganaderos. El viñedo, aunque apenas es perceptible hoy en día, ocupaba la mayor extensión del terrazgo después de los cereales en la comarca de Los Pedroches (Valle, 1986) y amplias zonas en el valle del Guadiato (Loma, 1984). No obstante, es mejor conocida la extensión que ocupaba y su producción, pero la bibliografía no recoge la localización ni su distribución espacial.

En el marco temporal, el conocimiento del viñedo de Sierra Morena presenta también bastantes lagunas, pero muestra bastantes similitudes con el caso español. Ya en la Edad Moderna se gestó un importante crecimiento demográfico (Luque, 2012) y de nuevas roturaciones que supondría una eclosión del cultivo en el siglo XVIII. El Catastro de Ensenada pone de manifiesto la extensión y la importancia que tenía este cultivo en la Baja Andalucía (Garcés, 1991), en la provincia jienense (Pantoja, 2007), en Castilla y León (Fernández, 2021) o en Extremadura (Blanco, 1994) a mediados del siglo XVIII. Si se consultan las *respuestas* de este¹, en localidades como Villaviciosa de Córdoba, Pedroche, Belalcázar, Hinojosa del Duque o Pozoblanco, queda bien atestiguada la existencia e importancia del cultivo, estimándose en más de 2.600 ha tan solo en Los Pedroches (Domínguez, 2021). En el siglo XIX los plantíos de Sierra Morena y de esta comarca alcanzaban una producción autosuficiente en lagares y lagaretas destinadas al autoconsumo, donde producían vinos que se almacenaban, no en botas de madera sino en tinajas de barro. Estos *tintillos* no podían competir con la vecina campiña cordobesa o los productos malagueños y jerezanos, que ya se distribuían en los mercados nacionales e internacionales. Luis Ramírez de las Casas-Deza, en su *Corografía Histórico-Estadística de la provincia y obispado de Córdoba*, de 1840 ya detectó una reducción de los plantíos. El fin de los señoríos, de los aprovechamientos y regulaciones comunales y la concentración parcelaria producida por los cambios en la estructura de la propiedad, que acontecen tras las desamortizaciones, supuso la progresiva desaparición del mosaico de cultivos y el imparable avance del olivar y los cereales en unas comarcas que viven una importante expansión económica y demográfica. Además, la mejora de las comunicaciones permitió la llegada de los vinos de mejor calidad de Montilla y de La Mancha a mejores precios, por lo que se reduce el viñedo de autoconsumo a expensas de suelos graníticos o arcillosos poco profundos que tan solo permitían prosperar a las vides unos 20 años, pero pasados estos disminuían su producción (Loma, 1984).

Pese al declive, el viñedo sigue siendo un cultivo bastante extenso a finales del siglo XIX como atestigua la cartografía que presentamos. Sin embargo, sería la crisis de la filoxera, ya entrado el siglo XX, la que supuso el declive definitivo del viñedo de Sierra Morena. La filoxera se detectó por primera vez en la provincia de Córdoba, concretamente en la localidad de Lucena, en 1888. El contagio se atribuye por la proximidad de Málaga en la que se manifestó en 1874 procedente de Francia (Lacomba, 1974; Huetz, 1993). Pero hasta 1902 no alcanzaría los pagos de Sierra Morena, en el municipio de Villaviciosa; y hay que esperar hasta 1912 para encontrar referencias en Los Pedroches, cuando ya estaba arrasada la campiña y las subbéticas cordobesas. Entre 1907 y 1916 Loma (1993) registra un descenso generalizado de las hectáreas de viñedo en los municipios de Sierra Morena, que pasan de ocupar 6.995 ha a solo 5.540 ha. Por el contrario, se incrementaron en el sur de la provincia con nuevas vides americanas, pasando de 1.874 ha a 3.475 ha. Es así como entre estas fechas se inicia una tendencia de disminución progresiva del viñedo al norte de la provincia y de crecimiento al sur, de tal manera que en el presente (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2021) las superficies de viñedo en el norte se reducen a tan solo 158 ha, concentradas en los municipios de Villaviciosa de Córdoba (55 ha), Espiel (28 ha) y Villaralto (19 ha), mientras que en el sur de la provincia existen actualmente 4.735 ha, casi todas ellas en el marco de la denominación Montilla-Moriles. Así pues, la viticultura es una actividad que se ha mantenido desde hace siglos en esta zona de Sierra Morena, si bien la distribución de la superficie de viñedo ha ido variando a tenor de los hechos históricos y socioeconómicos acaecidos.

1. <https://pares.mcu.es/Catastro/servlets/ImageServlet>

Son escasos los estudios de cartografía histórica relacionados con el viñedo en España. Molleví (2008) cartografía el viñedo catalán durante el periodo romano a partir de evidencias arqueológicas y durante la plaga de la filoxera siguiendo las líneas de avance del insecto. La Rioja es el espacio que más bibliografía registra, sin embargo, la información geográfica empleada parte de la fotografía aérea de 1956 para analizar la evolución del cultivo (Galilea *et al.*, 2015). Y es a partir de la cartografía digital, ya en fechas recientes, como se realiza el tratamiento de la información geográfica para definir taxonomías de suelos apropiados (Barrios, 1995; Unamunzaga, 2010) o su organización espacial en relación con factores topográficos, geomorfológicos o edafológicos (Arnáez *et al.*, 2006; Llorente, 2010). Recientemente también se han incorporado nuevas tecnologías relacionadas con la teledetección, el monitoreo de viñas y la cartografía de coberturas vegetales mediante el empleo de drones (Peña, 2015). En Castilla y León destaca el trabajo de Fernández (2014) a partir de cartografía reciente y sistemas de información geográfica. Reconstrucciones detalladas de este cultivo anteriores a mediados de siglo XX no encontramos, aunque sí del olivar en Jaén, utilizando los levantamientos topográficos realizados por el Instituto Geográfico y Estadístico (Moya *et al.*, 2016). También Gómez y Moreno (2006) aportan una cartografía del cultivo del castaño en la Serranía de Ronda desde el siglo XIX, y Vega, Torres y Naranjo (2017) completan un inventario con representaciones cartográficas de los humedales del Medio Guadalquivir, igualmente a partir de la cartografía histórica.

Este trabajo plantea como objetivo fundamental precisar las características geográficas (localización, extensión superficial, tipología y condiciones mesológicas) del viñedo en el norte de la provincia de Córdoba a partir de la cartografía histórica existente en la segunda mitad del siglo XIX. Particular importancia reviste ubicar el cultivo, puesto que son mejor conocidas las fuentes documentales que relatan su extensión y evolución, pero no la localización exacta del mismo. También se pretende determinar las características geográficas (altitud, pendientes, orientación, litología, etc.) de los pagos de viña mediante el análisis de la información espacial obtenida. Igualmente resultará pertinente cotejar las estadísticas de superficies existentes recogidas en la bibliografía citada, con las superficies resultantes del análisis cartográfico y con objeto de determinar la coincidencia o no de los datos obtenidos.

Pero la representación del cultivo también permitiría conocer, además de su extensión, las características geométricas del parcelario o la relación con otros aprovechamientos como el olivar, la tierra de labor o la dehesa. En definitiva, podrían reconstruirse algunos elementos que conformaban el paisaje histórico de la vid desde mediados del siglo XIX y así esbozar un primer mapa de cultivos y aprovechamientos de dicho cultivo en una fecha temprana. Consecuentemente, también se trataría de exponer y valorar las fuentes de información geográficas de carácter histórico, sobre todo, las cartográficas y su tratamiento, de manera que, además, se podría igualmente llevar a cabo una revisión metodológica de cara a futuros trabajos inscritos en Sierra Morena o en otros territorios.

Así pues, la importancia del tema tratado se fundamenta no solo en la consecución de los objetivos ya planteados, sino también en la escasez de estudios relacionados con la cartografía del viñedo del siglo XIX en España, investigaciones que son más plausibles a partir del siglo XX con la existencia de diferentes series de cartografía catastral, mapas de usos y aprovechamientos u ortofotografía digital. Por otro lado, el conocimiento de las características espaciales del viñedo histórico sería de interés para algunas iniciativas que pretenden recuperar en esta zona de la provincia de Córdoba diferentes genotipos autóctonos de cepas, al amparo de la tendencia reciente que pretende poner en valor las variedades singulares por encima de las más comunes y

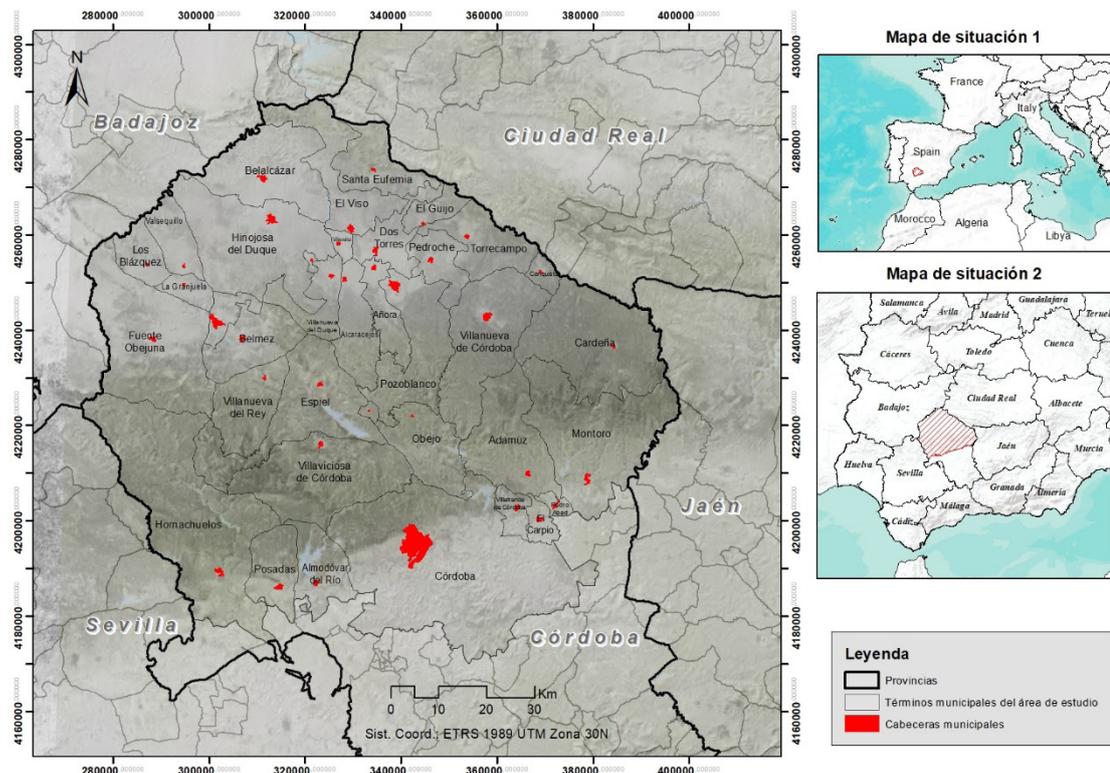
comerciales. Finalmente, este trabajo y otros similares que tratan sobre zonas desfavorecidas de la montaña media mediterránea, la cual se encuentra en grave peligro de despoblación, suponen un acicate para las políticas públicas o los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

2. Ámbito de estudio

La provincia de Córdoba se inserta plenamente en el mundo mediterráneo, lo que le confiere, como a buena parte de Andalucía, unas características similares en cuanto a relieve, clima, vegetación y aprovechamientos agrarios. Sin embargo, dichos atributos, si tienen alguna característica en común, es precisamente su heterogeneidad, a la que no escapa ni la provincia ni tampoco la zona objeto de estudio.

La mitad norte de la provincia de Córdoba comprende un ámbito espacial muy extenso (unos 8.326 kilómetros cuadrados), incluido entre la margen derecha del Guadalquivir y el límite con las provincias de Badajoz y Ciudad Real (figura 1). Aun tratándose de una superficie tan extensa, la Sierra Morena cordobesa se individualiza claramente en el conjunto provincial, por su relieve, evolución geológica, litología, clima e hidrografía, así como por su vegetación y usos del suelo (Luque, 2012). Las comarcas del Guadiato y Los Pedroches comprenden dicho ámbito subprovincial. Así, la zona de estudio estaría comprendida por treinta y seis municipios (tabla 1), once en la comarca del Guadiato; diecisiete en la comarca de Los Pedroches; y seis en los municipios mixtos Sierra-Valle, que a su vez podemos diferenciar en Occidentales (Almodóvar del Río, Hornachuelos y Posadas) y Orientales (Adamuz, Montoro y Villafranca de Córdoba); además del extenso término municipal de la capital provincial.

Figura 1. Norte de la provincia de Córdoba. Ámbito de estudio considerado.



Fuente: MTN 1ª Ed. y Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)

El territorio que llamamos, desde un punto de vista fisiográfico, Sierra Morena constituye parte de la denominada por Hernández Pacheco (1926) Meseta ibérica o, más recientemente, Macizo Hespérico por Gutiérrez Elorza (1989). Son diferentes denominaciones de una misma unidad que ocupa también amplias extensiones al norte de las provincias de Huelva, Sevilla y Jaén, así como de Ciudad Real, Badajoz y el sur de Portugal. Se trata de un relieve rectilíneo, de aproximadamente 400 km de longitud, que conecta de forma brusca los materiales paleozoicos silicios duros y oscuros de la Meseta con las litologías detríticas arcillosas y margosas que constituyen el suave modelado de la Depresión del Guadalquivir.

La Sierra Morena cordobesa constituye la parte central de esta cordillera y comprende la zona Ossa-Morena que limita al norte con Los Pedroches y se extiende hacia el sur alcanzando el Valle del Guadalquivir. La gran complejidad tectónica, morfológica y litológica de la Sierra Morena cordobesa podemos sintetizarla con Hernández Pacheco (1926) en tres grandes conjuntos que son de oeste a este: la zona metamórfica de la Sierra de los Santos, el sinclinal carbonífero del Guadiato y el batolito granítico de Los Pedroches. La correspondencia entre el mapa geológico y el litológico es notoria, tanto por su composición como en su disposición, siguiendo bandas alargadas de orientación NW-SE.

La composición litológica se corresponde plenamente con la España silícea (Cabanás, 1980). Las pizarras cámbricas se localizan en el límite con la provincia de Sevilla y en el contacto con el metamórfico de la Sierra de los Santos, apareciendo también algunas bandas al oeste de Peñarroya y al sur de La Granjuela y Fuente Obejuna. Las pizarras del Ordovícico y Silúrico se acompañan de areniscas en gruesas bandas más separadas siendo la más alargada la que discurre por Los Blázquez, Valsequillo y Peñarroya, y la situada más al norte, entre la estación de Belalcázar y Sta. Eufemia. Los depósitos devónicos de calizas se disponen en bandas estrechas y alargadas flanqueando los potentes paquetes carboníferos que destacan por su variedad litológica: conglomerados, pizarras, areniscas, calizas, dolomías y hulla. Presenta tres bandas, de norte a sur, las dos primeras ciñen el batolito de Los Pedroches y la tercera se encuentra alojada entre dos fallas en el sinclinal del Guadiato. El roquedo de naturaleza intrusiva ocupa la gran mancha hipogénica del batolito de Los Pedroches y otras menores entre Obejo y Adamuz, al norte de Villaviciosa y en las cabeceras de los ríos Guadalnuño, Névalo y Cabrillas. Lo componen granodiorita y adamellita granítica con diques de microdiabasas y pórfidos. Los materiales triásicos como los conglomerados, areniscas, margas y arcillas aparecen en el contacto con el Valle del Guadalquivir, en el Mioceno calizas helvecienses, rañas y las terrazas cuaternarias en la margen derecha del Guadalquivir.

Los suelos formados a expensas de estos materiales se incluyen en la denominación general de tierras pardas meridionales. Por lo general son endebles y poco fértiles y están ocupados, sobre todo, por paisajes forestales, de monte o de dehesa, lo que ha contribuido a que la Sierra Morena aparezca como una unidad de baja densidad de población y un poblamiento débil.

El clima es uno de los componentes del medio físico y uno de los principales condicionantes de los cultivos. Sin embargo, conviene advertir que las temperaturas y las precipitaciones de Sierra Morena, con unos veranos secos y calurosos e inviernos templados-fríos (*Csa* en la clasificación de Köppen) que dejan unos 300-500 litros de precipitaciones anuales no impiden el desarrollo de la *Vitis vinifera*, planta capaz de sobrevivir y producir en condiciones ambientales muy diversas.

El accidentado relieve de las comarcas serranas o sus deficientes comunicaciones son otras de las causas de la débil ocupación humana y de su tradicional vocación agrícola y ganadera. Actualmente se debaten entre una importante crisis demográfica, dificultades socioeconómicas y los

intentos de implementar nuevos modelos de desarrollo sostenible. En Sierra Morena, Los Pedroches son la comarca andaluza con mayor pérdida de población en términos relativos, seguida de otras como el Alto Guadiato, Sierra de Aracena, Andévalos Oriental y Occidental y Cuenca Minera. De ello da fe la variación relativa de la población entre los *Censos de Población* de 2011 y 2021, que en dicha comarca fueron de -11% de media, con valores extremos como el de Conquista, con un -20,2% (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2011-2021).

3. Metodología

Los pilares fundamentales del proceso metodológico son el análisis con sistemas de información geográfica (SIG) de la cartografía histórica y el empleo de fuentes documentales históricas y bibliográficas que permiten confrontar los resultados obtenidos en el análisis espacial.

La fuente de información geográfica empleada es fundamentalmente la edición digital del Mapa Topográfico Nacional (MTN), ciñéndonos a su primera edición, que editada por el Instituto Geográfico completó con detalle por primera vez la superficie de España (Urteaga y Nadal, 2001). La escala empleada fue la de 1:50.000. En Andalucía, será Córdoba la primera provincia en la que se comienzan los trabajos topográficos y cartográficos (Ruiz Morales, 2005). Las hojas que completaron el norte de la provincia se realizaron entre 1890 y 1937 (López et al., 1989), si bien los trabajos topográficos que habían de servir de base, mediante el levantamiento de las *Minutas Cartográficas*, se realizaron entre finales de la década de los 70 y principios de la de los 80.

Se han considerado también los *Amillaramientos*, catastro parcelario por masas de cultivo y clases de terreno que se encomendó a la Comisión de Estadística General del Reino en 1859 (Urteaga y Nadal, 2001), si bien fue desechado su empleo por la constatación de importantes deficiencias por Mata Olmo (1999), el cual confirmaba la existencia, alrededor de 1872, de más de un 50% de ocultaciones en la superficie de los cultivos de la Sierra de Córdoba con respecto a la planimetría del Instituto Geográfico.

También se ha desestimado, al realizarse en fechas más tardías -si bien resultaría de vital importancia para conocer la localización del cultivo en la primera mitad del siglo XX-, el *Catastro Nacional Topográfico Parcelario*, cuyos trabajos comenzaron en el año 1928 (Fernández Nieto, 2005). Esta iniciativa supuso el abandono del catastro por masas de cultivo y el inicio de un catastro parcelario en donde se determinan las características físicas, jurídicas, fiscales y económicas a una escala más precisa y variable, entre 1:2.000 y 1:10.000, de los municipios españoles.

Así pues, en nuestro caso, nos centramos en la explotación de la primera edición del MTN como fuente primaria más fiable y menos reciente que, en definitiva, nos permitiría caracterizar uno de los cultivos más importantes del panorama agrícola provincial en la segunda mitad como fue el viñedo, advirtiendo que, aunque su publicación se completó en la primera edición entre 1890 y 1937, las *Minutas Cartográficas* que se utilizaron para su levantamiento en la provincia de Córdoba se realizaron entre las fechas de 1871 y 1895 (Torres, 2016). Consecuentemente, se puede disponer de una capa continua del viñedo existente entre 1871 y 1895, que marcaría la extensión máxima del viñedo antes de la llegada de la filoxera (1902), a partir de la cual se produce la progresiva reducción del cultivo.

Conviene destacar la precisión y fiabilidad que alcanzaban las *Minutas*, y su traslado al MTN, pues representan fielmente las parcelas existentes y los usos del suelo, especialmente los de carác-

ter agrario (*masas de cultivo y cubierta vegetal*), además se incluyen elementos como los caminos y veredas, la hidrografía, los núcleos de población y las construcciones dispersas (Torres, 2016). Y aunque no aparecen otros datos interesantes que permitirían entender el conjunto del paisaje rural, como referencias a la calidad del suelo o la litología, en cualquier caso, se puede aplicar sobre la información original, mediante los recientes sistemas de información geográfica.

El procedimiento de estudio empleado en el tratamiento de dicha fuente primaria sigue las pautas de las técnicas de análisis espacial mediante el empleo de sistemas de información geográfica (SIG). Para ello se completó un mosaico continuo que cubriese todo el norte de la provincia con las hojas del MTN. El análisis espacial parte de la digitalización de las parcelas de viñedo generando una capa en formato *shape* en la que se diferenciaron las parcelas que alternan otros usos sobre el mismo espacio, como por ejemplo olivar, monte bajo o tierras de labor. Dicha capa, junto a otros ficheros gráficos de Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), como los límites municipales, el poblamiento, el Mapa Digital del Terreno (MDT), además del Corine Land Cover en su actualización de 2018, se implementaron en el Sistema de Información Geográfica ArcGis. Para el uso estadístico de los datos y con el fin de que la cartografía pudiera ser tratada como variables mediante la aplicación de técnicas multivariantes se utiliza un procedimiento analítico mediante métodos descriptivos de distribución de variables y casos. La distribución espacial del viñedo y de las variables (cuantitativas y cualitativas) obligó a un tratamiento previo, tanto de las propias variables como de los casos incorporados. Las variables (pendientes, orientación de las laderas y litología.) se organizaron en categorías y los casos en datos binarios (ausencia-presencia).

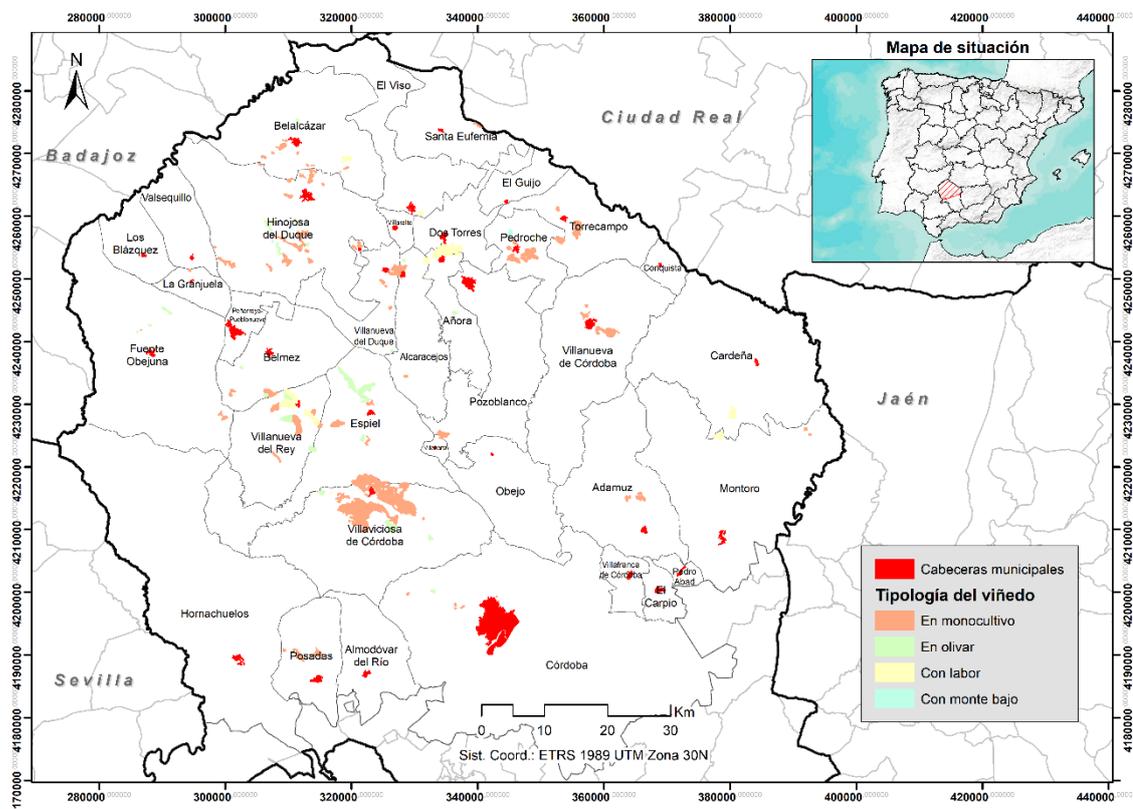
El empleo de fuentes históricas documentales y bibliográficas es el segundo pilar de este trabajo y permite establecer los referentes y las características del viñedo en las fechas estudiadas o en las que preceden o suceden a la segunda mitad del siglo XIX. Las mismas de van desgranando en los diferentes apartados de este estudio, sin embargo, conviene destacar la importancia del *Catastro de Ensenada*, del *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar* de Pascual Madoz o la *Corografía Histórico-Estadística de la provincia y obispado de Córdoba* de Luis Ramírez de las Casas-Deza, que ponen de manifiesto la extensión y la importancia del cultivo con anterioridad a las fechas estudiadas. Los trabajos de Lacombe y Huetz permiten situar el área de estudio dentro de un contexto amplio de la filoxera en la segunda mitad del siglo XIX y principios del XX en Andalucía y España. Los trabajos de Loma, en cambio, aquilatan a escala provincial, a partir de una prolija labor de archivo, la evolución del viñedo durante estos dos siglos.

4. Resultados

4.1. Extensión, localización y tipologías

En la figura 2 se observa una radiografía precisa de la extensión del viñedo cordobés del norte de la provincia entre 1871 y 1895, en régimen de monocultivo o compartiendo las parcelas con otros usos (viñedo y olivar, viñedo y tierras de labor y viñedo y monte bajo). La superficie total ocupada es de 13.749,97 ha, siendo la comarca del Guadiato la que mayor extensión abarca, con 8.033,07 ha, seguida de Los Pedroches con 4.954,89 ha y los municipios mixtos con solo 586,49 ha (tabla 1).

Figura 2. Localización y tipologías del viñedo en el norte de la provincia de Córdoba (1871-1895).



Fuente: MTN 1ª Ed. y Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)

Los municipios que mayor superficie cultivaban fueron Hinojosa del Duque (1.355,86 ha), Pedroche (737,20 ha), Añora (437,11 ha) y Villanueva de Córdoba (412,33 ha) en Los Pedroches; Villaviciosa de Córdoba (5.017,73 ha), Villanueva el Rey (1.533,88 ha) y Espiel (1.092,71 ha) en el Guadiato; y Posadas (254,27 ha) y Adamuz (172,08 ha) en los Municipios Mixtos. Sin embargo, el porcentaje del término municipal que se dedicaba a este aprovechamiento tenía una media del 1,45%, dándose el caso de que solo los municipios de Fuente la Lancha y Villaviciosa de Córdoba superaban el 10%.

Se trata sin duda de una elevada extensión total en estas fechas, mas si tenemos en cuenta que hoy en día se reducen a tan solo 158 ha (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2021). Pero, además a finales del siglo XIX, la Sierra superaba con creces las actuales 4.735 ha localizadas bajo la denominación Montilla-Moriles en el sur de la provincia. Sin embargo, y teniendo en consideración la importante reducción de plantíos que se produce desde inicios del siglo XIX con los cambios acaecidos a raíz de las desamortizaciones y la sustitución de las cepas por olivar y cereales, cabe inferir que en los dos primeros tercios de siglo su extensión sería mucho mayor a la representada en la cartografía del último tercio, a tenor de las informaciones de Madoz (1846-1850) y Ramírez de las Casas-Deza (1986), aunque no permiten establecer una extensión de conjunto para dichas fechas.

Tabla 1. Extensión del viñedo por comarcas y municipios en el norte de la provincia de Córdoba (1871-1916)

Municipio	Ha T. mun.	Ha 1871-1895	%	Ha 1907	%	Ha 1916	%
Los Pedroches							
Alcaracejos	17.586,22	297,79	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00
Añora	11.223,11	437,11	3,89	12,00	0,11	10,00	0,09
Belalcázar	35.606,80	381,35	1,07	161,00	0,45	140,00	0,39
Cardeña	51.319,45	166,19	0,32	-	-	-	-
Conquista	3.855,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dos Torres	12.914,61	335,11	2,59	46,00	0,36	10,00	0,08
Fuente la Lancha	783,04	83,94	10,72	0,00	0,00	0,00	0,00
El Guijo	6.728,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
El Viso	25.433,55	50,54	0,20	19,00	0,07	0,00	0,00
Hinojosa del Duque	53.145,54	1.355,86	2,55	1.322,00	2,49	500,00	0,94
Pedroche	12.161,87	737,20	6,06	62,00	0,51	0,00	0,00
Pozoblanco	32.984,48	148,18	0,45	85,00	0,26	180,00	0,55
Torrecaampo	19.648,27	328,76	1,67	107,00	0,54	0,00	0,00
Santa Eufemia	18.731,77	43,68	0,23	67,00	0,36	20,00	0,11
Villanueva de Córdoba	42.938,52	412,33	0,96	180,00	0,42	250,00	0,58
Villanueva del Duque	13.754,59	268,00	1,95	0,00	0,00	150,00	1,09
Villaralto	2.407,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,83
Total Los Pedroches	361.221,83	5.046,03	1,40	2.061,00	0,57	1.280,00	0,35
Guadiato							
Belmez	20.740,70	286,86	1,38	184,00	0,89	350,00	1,69
Espiel	43.727,85	1.092,71	2,50	457,00	1,05	390,00	0,89
Fuente Obejuna	59.157,45	156,50	0,26	100,00	0,17	410,00	0,69
La Granjuela	5.616,05	13,95	0,25	21,00	0,37	10,00	0,18
Los Blázquez	10.270,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,19
Obejo	21.465,00	0,00	0,00	104,00	0,48	110,00	0,51
Peñarroya-Pueblonuevo ²	6.488,00		0,00	0,00	0,00	30,00	0,46
Valsequillo	12.205,88	1,56	0,01	0,00	0,00	100,00	0,82
Villaharta	1.196,16	14,26	1,19	61,00	5,10	60,00	5,02
Villanueva del Rey	21.581,51	1.533,88	7,11	1.630,00	7,55	1.600,00	7,41
Villaviciosa de Córdoba	46.873,34	5.017,73	10,70	2.222,00	4,74	1.000,00	2,13
Total Guadiato	239.051,93	8.117,45	3,40	4.779,00	2,00	4.080,00	1,71
Mun. Mixtos							
Adamuz	33.481,41	172,08	0,51	57,00	0,17	40,00	0,12
Almodóvar del Río	17.253,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hornachuelos	90.922,00	0,00	0,00	10,00	0,01	0,00	0,00
Córdoba	125.358,80	97,72	0,08	55,00	0,04	80,00	0,06
Montoro	58.519,03	62,42	0,11	117,00	0,20	90,00	0,15
Posadas	16.028,09	254,27	1,59	20,00	0,12	130,00	0,81
Villafranca de Córdoba	5.847,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Mun. Mixtos	347.409,33	586,49	0,17	259,00	0,07	340,00	0,10
TOTAL	947.683,10	13749,97	1,45	7.099,00	0,75	5.700,00	0,60

Fuente: MTN y Loma (1993). Elaboración propia

2. Nace en 1927 de la fusión de los dos pueblos.

La pérdida de superficie del cultivo se aceleró a finales de siglo y comienzos del XX por la filoxera y el abandono de los viñedos menos productivos, de manera que en 1907 son 7.099,00 ha las existentes y en 1916 restan tan solo 5.700,00 ha (Loma, 1993). Esta pérdida de casi un 50 por ciento no se operó de la misma forma pues los municipios de Los Pedroches serían los más afectados, debida a la menor aptitud agronómica de sus suelos.

La distribución del viñedo en la Sierra Morena cordobesa (figura 2) depende de la conjunción de una serie de condicionantes y factores tanto de tipo físico como histórico.

En primer lugar, se debe advertir que en el pasado este producto era considerado como un alimento, fuente importante de calorías dentro de la dieta mediterránea. Por otro lado, su consumo, elaboración o comercialización también difería notablemente de la actualidad, pues se trataba de un fruto de autoconsumo, dentro de la dieta familiar, aunque detrás de los cereales, el aceite o las proteínas, razón por la cual no se le dedicaban los mejores terrenos. Justamente, la necesidad de autoabastecerse de unas poblaciones que se encontraban mal comunicadas entre sí y con el Valle del Guadalquivir condujo a la producción de este fruto, aunque fuese en terrenos poco aptos para ello.

En segundo lugar, son los orígenes históricos y a la evolución sufrida lo que explican dicha distribución. Se trata de un viñedo que se afianzaría en la Edad Media y que alcanzaría su cenit a finales de la Edad Moderna como relatan los autores ya citados. Incluso se puede advertir que el nacimiento de alguna villa, como en el caso de Añora, estaría vinculada al cultivo de la viña (Merino, 1994). La distribución del territorio entre los bienes de señorío y de realengo o la existencia de importantes terrenos comunales en el sector de las Siete Villas de Los Pedroches supusieron, además de la existencia de pocas tierras libres para la propiedad privada, una localización particular, normativa y manejo de este cultivo que permitían el usufructo, pero no propiedad.

Desde mediados del siglo XVIII comenzaron a extenderse roturaciones ilegales, al principio, en los extensos baldíos de Sierra Morena, pero luego estas serían entregadas a quienes habían descuajado los montes para habilitar dehesas de pasto o tierras de labor, no sin la existencia de constantes pleitos (Bermudo, 1972). Así, la necesidad de autoabastecimiento de las villas suponía no solo la puesta en cultivo de terrenos en los ruedos de los pueblos, sino también en zonas alejadas que coinciden con los caminos como el de Córdoba a Toledo, a Almadén o las vías de Armilat o la de la Plata, en la que existía un rosario de ventas que debían ofrecer alojamiento y vino a los viajeros que las transitaban, como delataba el adornar con sarmientos de parra el dintel de los ventorros, según narra Pío Baroja en *La Feria de los Discretos* al describir una de las ventas existentes en el camino entre Pozoblanco y Obejo.

En el siglo XIX se produjeron grandes desmontes en la franja metamórfica, conocida como la pizarra, la serrezuela, o la jara, que fue rozada y desbrozada para luego establecer un sistema de rotación de leguminosas y cereales, al tiempo que se adeshaban los montes y se extendía también el olivar y el viñedo. El importante crecimiento demográfico del XIX impulsó los aprovechamientos agrarios sobre las tierras más alejadas de los municipios extendiéndose aún más este cultivo, que antes se circunscribía a los ruedos de las poblaciones. En algunos casos, como en el ruedo del término municipal de Pozoblanco, el viñedo era muy escaso y sólo contaba con los pagos de Cañada Honda y Mimbres, sin embargo, sus vecinos y otros de Alcaracejos o Villanueva de Córdoba solían ir a la Sierra conocida como Nava de Vacas, en el entorno del río Guadalbarbo, dentro del término de Espiel, en donde se localizaban cerca de 1300 ha, ya bastante menguadas en el último tercio del siglo XIX. Los cambios en la estructura de la propiedad que se producen en el siglo XIX

quebraron las estructuras tradicionales y crearon nuevas formas de explotación de la tierra en las que ganan terreno la ganadería y el olivar (Valle, 1981 y 1986), de manera que el viñedo comienza a registrar una paulatina reducción del terrazgo en los ruedos de los pueblos y se va trasladando a terrenos marginales, en donde prosperó a expensas de que los colonos acreditaran tener arraigadas plantas de vid, olivo u otros frutales, con miras a que se le reconociera la propiedad plena en las parcelas que había ocupado en la Dehesa de la Concordia. Estas transferencias de la propiedad quedarían sancionadas en la *Ley de Roturaciones Arbitrarias* de 21 de diciembre de 1869, que ya contaba con precedentes similares en la provincia de Sevilla (Bermudo, 1972).

En la cartografía original se puede apreciar con una gran nitidez, propia de estas primeras ediciones del MTN, la superposición de los cultivos leñosos de viñedo en tierras de labor, olivar y monte bajo. Hecho que se corrobora también en la bibliografía y en los testimonios orales, donde además se menciona que entre las vides se sembrarán garbanzos, melones o ajos y, una vez podada la viña, los sarmientos y los rastrojos alimentaban al ganado. Tanto es así que algunos agricultores, como relata Moreno (1987), se referían a sus olivares en este sentido como “vidueños”. Así pues, el mosaico de cultivos que se dibuja en los mapas no es sino la expresión de unos aprovechamientos agrarios muy diversos y localmente adaptados en el marco de una economía que va transitando de unos modos de autarquía o subsistencia hacia unos modos de producción capitalista en los que la especialización ganadera y olivera irían marcando la pauta de unos nuevos paisajes agrarios en la Sierra Morena cordobesa.

En la figura 2 y en tabla 2 se recogen las superficies de viñedo desglosadas por comarcas y según se encuentre las parcelas con solo ese aprovechamiento o compartiendo con otros usos que las *Minutas* reducen a tres (viñedo y olivar, viñedo y tierras de labor y viñedo y monte bajo). Resultando que el 64,38% de las 13.749,97 ha contabilizadas se cultivaba de forma única sobre las mismas parcelas, muchas de ellas de reducida extensión y localizadas en buena parte en los ruedos de los pueblos.

Pero el 35,62% restante (4.897,86 ha) combinaban la viña entre olivar, en sus calles se sembraban cereales o también, cuando se instalaba sobre los nuevos desmontados, era frecuente ahuecar el monte para las cepas dejando parte de la cubierta vegetal. Pero no se trataba de aprovechamientos yuxtapuestos, sino perfectamente integrados, dado que los primeros horizontes de los suelos eran aprovechados por las raíces de los cereales, los intermedios por la viña y los más profundos por el olivar. En la zona de la comarca del Guadiato el viñedo promiscuo alcanzaría mayor superficie que las explotaciones de monocultivo.

Tabla 2. Tipologías del viñedo y otros aprovechamientos el norte de la provincia de Córdoba (1871-1895)

	Pedroches		Guadiato		M. Mixtos		Total	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Viña	4.394,68	90,52	3.900,34	48,36	557,09	94,99	8.852	64,38
Cultivo mixto	651,35	13,42	4.217,11	52,29	29,4	5,01	4.897	35,62
Olivar	419,06	8,63	1.334,43	16,55	29,4	5,01	1.782	12,97
Tierra de labor	183,33	3,78	888,24	11,01	0	0,00	1.071	7,79
Monte bajo	48,96	1,01	1.994,44	24,73	0	0,00	2.043	14,86
Total	4.854,74	100,00	8.064,91	100,00	586,49	100,00	13.749	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Vid y olivo compartieron muchos predios, sobre todo en el Valle del Guadiato, y en los relieves más accidentados de la Sierra de los Santos, en los municipios de Villaviciosa de Córdoba y en Espiel, sobre la banda de filitas, areniscas y cuarcitas feldespáticas en las proximidades del cerro del Molino. En menor medida se distinguen en Los Pedroches, en donde las roturaciones de los baldíos y nuevos desmontados, junto a los cercados, marcaban la consolidación de una nueva propiedad privada lo largo del siglo XIX. Se asientan sobre la banda de pizarras, areniscas y grauvacas de Los Jarales y Poco Trigo al sur de Hinojosa de Córdoba y en el Barranco Palomo de Añora.

Un repaso a las hojas del MTN nos muestra también que viñas en donde se sembraban cereales son más extensas en el Guadiato, sobre todo en el término de Villanueva del Rey, en los pagos de Sierra Bollera, Peñas Rubias, Cerro Bermejo y en las laderas del Ermitaño. En el batolito de Los Pedroches se localiza en tierras de labor de la zona del Espejuelo en Belalcázar o en los ruedos de Añora y El Viso. No es casualidad que a los vinos resultantes se les denominaba popularmente como *vinos de pasto*, calificativo que aludía igualmente a la baja calidad de los caldos (Loma, 1993). Entre el monte bajo destaca una gran extensión, de aproximadamente 1900 ha, al sur de Villaviciosa de Córdoba y en las estribaciones de la Sierra de las Tonadas a expensas de una gran mancha granodiorítica.

Así pues, la siembra de la vid se realizó entre olivos, en monte bajo e incluso tierras de labor, ocupando pues, considerable extensión en el último tercio del siglo XIX. El hecho de que se compaginase su cultivo induce a pensar que en estas fechas los aprovechamientos agrarios se encontraban aún inmersos en un sistema de autoconsumo. La viña y sus cuidados en estas condiciones delatan, igualmente, la intención de los agricultores y de algunos pueblos por seguir manteniendo la costumbre de producir un vino propio denominado de pitarra. Fue el caso de Villaviciosa, Belalcázar o Hinojosa del Duque, producción, en donde hoy en día, se sigue manteniendo. De forma similar también sobrevivieron pequeñas islas de viñedo entre perales, almendros, castaños y otros leñosos en Sierra Morena como relatan las fuentes, si bien no se detectan en la cartografía.

4.2. Geografía del viñedo el norte de la provincia de Córdoba durante la segunda mitad del siglo XIX

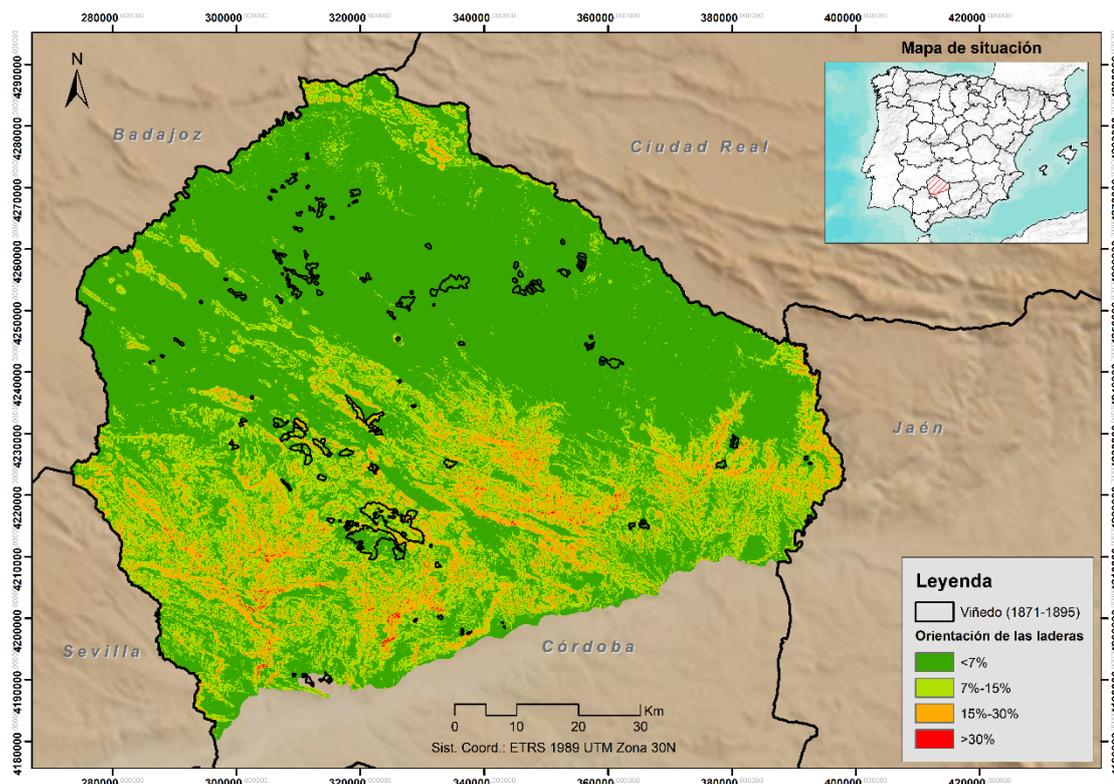
Igualmente, el análisis de la cartografía permite ahondar en factores de tipo físico, tales como la altitud, las pendientes, la orientación o la litología.

Los relieves mariánicos, que se alzan más de 1.000 m desde la llanura del Guadalquivir, no resultan ser determinantes tampoco para el cultivo, así encontramos pagos de viña desde los 200 metros en el piedemonte de Sierra Morena en los municipios de Córdoba y Posadas, hasta superar los 700 en los Pedroches Orientales o en el término de Villaviciosa en la Sierra de los Santos. Sí hay que tener en cuenta que los terrenos más llanos, con suelos más profundos y mayor aptitud agronómica se dedicaban al cereal. En otras zonas de la Península, a mayor latitud y con un clima más continentalizado, la mayor parte del viñedo, como el de La Rioja, se localiza entre 400 y 600 m de altitud (Arnáez *et al.*, 2006) o el de Castilla y León, incluso por encima de los 700 metros (Fernández, 2014), lo que no es óbice para el desarrollo de las plantas.

En la figura 3 y en la tabla 3 se aprecia que las plantaciones localizadas en pendientes suaves, por debajo de un 7%, suponen el 42.5% del cultivo, unas 5.700 ha que completan la mayor parte de parcelas del viñedo y que se sitúan en gran parte en la penillanura pedrocheña. En esta comarca

se encuentra también parte del viñedo acolinado, que alcanza hasta un 15% de pendiente y supone el 27% del total. Con pendientes abruptas, superiores al 15%, y hasta un 30%, existe también una extensión considerable (4.086 ha) en la Sierra de los Santos y el Calatraveño. Ya por encima del 30% solo se plantaba menos del 1%.

Figura 3. Análisis de pendientes del viñedo en el norte de la provincia de Córdoba (1871-1895).



Fuente: Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA). Elaboración propia

Tabla 3. Pendientes y superficies de viñedo

Clasificación de la pendiente	Nº de viñedos	Hectáreas
Llano (<7%)	100 (71,4%)	5760 (42,5%)
Acolinado (7%-15%)	19 (13,5%)	3668 (27%)
Abrupto (15%-30%)	19 (13,5%)	4086 (30%)
Montañoso (>30%)	2 (1,45%)	61 (0,5%)

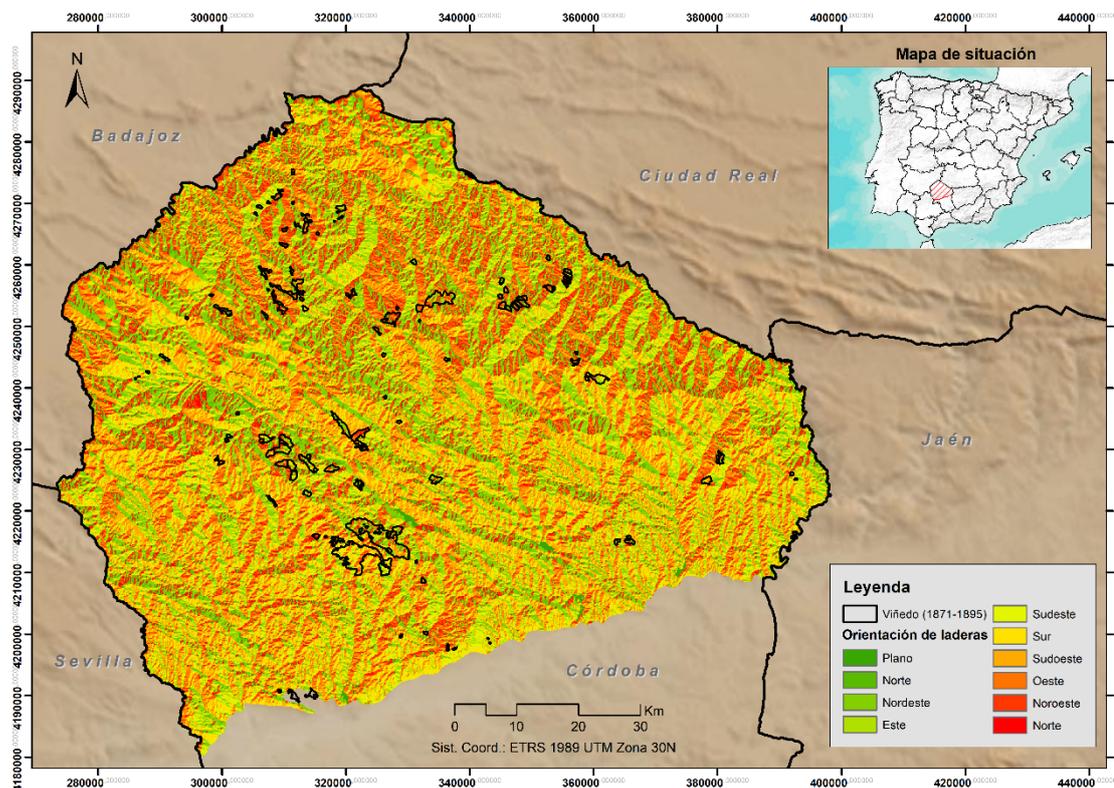
Fuente: Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA). Elaboración propia

La plantación en laderas se complementa con una variabilidad de orientaciones, que a su vez influyen en la insolación y el efecto de los vientos dominantes. En cualquier territorio la orientación preferida suele ser la sur ya que la planta necesita mucha insolación, sobre todo durante la maduración del fruto, por lo que es necesaria una buena orientación que permita conseguir un correcto desarrollo vegetativo.

Así se prefieren las solanas y se evitan las umbrías. Como se aprecia en la figura 4 y en la tabla 4 predominan las orientaciones sudeste (21,24%) y sur (20,26%), aunque también la nordeste es significativa (19,17%). Aparte de la intención del agricultor no se debe olvidar la particular

orientación de los relieves que se disponen en la forma de las franjas hercinianas NW-SE situadas a ambos del batolito, desde la comarca La Serena hasta las tierras jienenses, y que atraviesan oblicuamente la Sierra de Córdoba, siendo la insolación mayor, además de la sur, la que mira a las vertientes este.

Figura 4. Análisis de orientaciones de laderas del viñedo en el norte de la provincia de Córdoba (1871-1895).



Fuente: Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA). Elaboración propia

Tabla 4. Orientaciones y superficies de viñedo

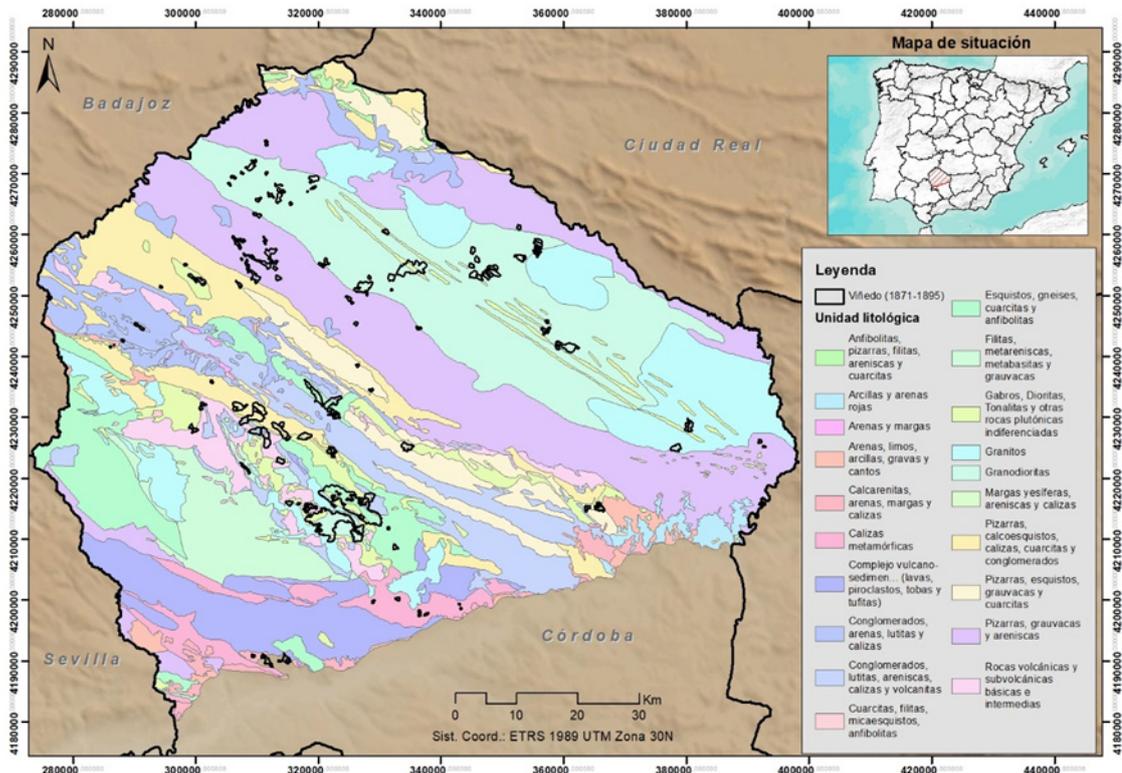
Orientación	Hectáreas	Porcentaje
Plano	191,0	1,41%
Este	1234,6	9,09%
Nordeste	2602,9	19,17%
Noroeste	2088,3	15,38%
Norte	627,0	4,61%
Oeste	469,5	3,45%
Sudeste	2883,7	21,24%
Sudoeste	727,0	5,35%
Sur	2750,2	20,26%

Fuente: Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA). Elaboración propia

Junto a las pendientes y la orientación de las laderas se debe prestar especial atención a las características litológicas de Sierra Morena (figura 5 y tabla 5). Las características pedológicas y agronómicas relacionadas con el sustrato litológico son un factor muy importante que podía

determinar la localización de los cultivos. Las raíces de las cepas pueden penetrar para obtener los nutrientes necesarios a gran profundidad en las pizarras y en las cuarcitas, más que en los granitos. Además, esta litología, que también tiene una capacidad mayor que los granitos de retener el agua, transfiere humedad a la vid durante el periodo estival, y el calor que acumulan lo aprovechan las plantas para una buena maduración del fruto.

Figura 5. Viñedo y litología en el norte de la provincia de Córdoba (1871-1895).



Fuente: Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA). Elaboración propia

En la terminología popular identifican la *serrezuela*, los *jarales* o sencillamente la *pizarra* con los rebordes del batolito. En Villanueva de Córdoba los *pizarreros* eran los que desmontaban y sembraban de olivar o viñedo las bandas devónicas y carbonífera al sur del batolito y el sinclinal del Guadiato. Así, sobre pizarras, esquistos, grauwacas y cuarcitas se localiza el 8,10% del viñedo. En la Sierra de los Santos sobre las crestas de esquistos, gneises, cuarcitas y anfibolitas de los términos de Espiel, Villaviciosa y Villanueva del Rey aparece un 24,15% de la superficie cultivada.

La *saliega* se forma a expensas de la disgregación del granito y aunque sus suelos son pobres, poco profundos y con una escasa retención de agua, la mayor parte del viñedo se encontraba en esta zona por su proximidad a las villas (hasta el 39,74% de la superficie) y la facilidad del laboreo en unos suelos más sueltos. Los ruedos de las poblaciones de Pedroche, Torrecampo y Villanueva de Córdoba y los entornos de Hinojosa y Belalcázar presentan la extensión de viñedo más importante. También se buscaban suelos de transición, entre la pizarra y la cuarcita como por ejemplo los pagos del Cerro del Cohete (Hinojosa del Duque) donde abunda la arcilla, pero también en Alcanfor (Alcaracejos) y Manuelas (Cardeña).

Tabla 5. Litología y superficies de viñedo.

Litología	Hectáreas	Porcentaje
Granodioritas	5.394,4	39,74%
Esquistos, gneises, cuarcitas y anfibolitas	3.279,2	24,15%
Pizarras, calcoesquistos, calizas, cuarcitas y conglomerados	1.294,1	9,53%
Pizarras, grauvacas y areniscas	1.099,6	8,10%
Rocas volcánicas y subvolcánicas básicas e intermedias	575,9	4,24%
Gabros, Dioritas, Tonalitas y otras rocas plutónicas indiferenciadas	541,5	3,98%
Granitos	427,7	3,15%
Pizarras, esquistos, grauvacas y cuarcitas	255,2	1,87%
Calcarenitas, arenas, margas y calizas	254,3	1,8%
Conglomerados, lutitas, areniscas, calizas y volcanitas	189,6	1,39%
Calizas metamórficas	97,7	0,7%
Filitas, metareniscas, metabasitas y grauvacas	58,9	0,43%
Conglomerados, arenas, lutitas y calizas	58,4	0,43%
Anfibolitas, pizarras, filitas, areniscas y cuarcitas	43,7	0,32%
Arenas, limos, arcillas, gravas y cantos	4,4	0,03%

Fuente: Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA). Elaboración propia

Resulta que el viñedo, aunque no es muy exigente en cuanto a las altitudes o las precipitaciones sí requiere unos valores de pH intermedios, entre 6 y 7,5. Cuando no se alcanzan esos valores o se rebasan es preciso adecuar los suelos. Con todo, la vid prospera en los suelos margosos o calizos más básicos del sur de la provincia, hasta en los más ácidos en la pizarra o las rocas metamórficas del norte. En las tierras pardas sobre granito los valores de pH oscilan entre 5 y 5.5 y en la pizarra alcanza ya valores entre 5.7 y 6.2.

Otra carencia que adolecen los suelos de la Sierra de Córdoba es la falta de materia orgánica en horizontes poco desarrollados y compactos. El contenido en materia orgánica revela la fertilidad natural del suelo tanto por su valor en sí como por la relación que se establece con el otro componente fundamental, el hidrógeno. Aunque la raíz de la vid es muy rústica y prospera en cualquier suelo, para alcanzar una productividad óptima necesita contar con suelos bien desarrollados y sueltos. En el granito los suelos son poco profundos y retienen poco el agua; sin embargo, en la pizarra la retención es mayor, pero al ser más compactos requieren mayor laboreo y tareas previas a la plantación.

Los factores de orden físico como el clima, las pendientes, la orientación o la litología, expresados anteriormente afectaban finalmente al viñedo en su ciclo anual e interanual y determinaban la producción y la calidad del fruto, resultando vinos singulares.

5. Discusión

A la vista de lo expuesto en el epígrafe anterior se puede afirmar que tras el estudio de la cartografía de la primera edición del MTN se ha determinado la localización y extensión total del viñedo histórico en el norte de la provincia de Córdoba durante el período comprendido entre 1871 y 1895. Las superficies que disponíamos hasta el momento, contabilizadas a partir de fuentes documentales, eran las de Loma Rubio (1993) para principios de siglo XX (7.099 ha en 1907 y 5.700 ha en 1916). Ni Pascual Madoz, ni Ramírez de las Casa-Deza permiten establecer una extensión de

conjunto completa a mediados del siglo XIX. Tampoco se pueden determinar superficies exactas del Catastro de Ensenada a mediados del siglo anterior. Sin embargo, los datos que aportan y su cotejo con otras fuentes documentales e históricas sí permitían establecer la tendencia de este cultivo en la Edad Moderna e inicios de la Contemporánea. Así, la superficie registrada en las décadas finales del siglo XIX marca un hito justo antes de la acelerada pérdida de superficie del cultivo a finales de siglo y comienzos del XX, pero ya por la filoxera y el abandono de los viñedos menos productivos. Y aunque no se han digitalizado las hojas del MTN del resto de la provincia, se puede afirmar que la superficie de viñedo era muy superior en Sierra Morena, más que en la Campiña y Subbética cordobesa, y no solo en 1907 y 1917, años en los que Loma Rubio (1993) contabiliza en estos municipios 1.874 y 3.455 ha respectivamente, sino en los correspondientes a 1871 y 1895, pese a que en dichas fechas la filoxera hubiese hecho más estragos en el sur.

Pero quizás el resultado obtenido más interesante sea la localización precisa del viñedo entre 1871 y 1895, cuestión que no se refleja apenas en las fuentes documentales. A partir de ahí se ha podido realizar un análisis espacial que caracteriza, las pendientes, la orientación o la litología sobre los que se asentaba el cultivo. La precisión y fiabilidad de las hojas del MTN histórico se ha podido contrastar también comparándolo con la ortofotografía actual, donde se mantienen exactamente con el mismo trazado muchas de las parcelas que ya ocupaban cultivos de viñedo en las últimas décadas del XIX y de otras, aunque hoy en día alberguen olivar o dehesa.

Estos hechos apoyan la tesis de que dicha cartografía es una fuente de gran valor para realizar estudios de la evolución histórica de los paisajes agrarios, existiendo ya ejemplos en esta línea, como los de Gómez (2006) sobre la Colonia de San Pedro de Alcántara, el de Gómez y Moreno (2006) referido a la Serranía de Ronda o el de Sánchez y Galiano (2014) que comprende la provincia de Jaén. Pero, además, la metodología empleada en este estudio bien pudiese aplicarse a otros contextos territoriales, donde, al igual que en la Sierra Morena cordobesa, el viñedo también ha sufrido un importante retroceso durante el último siglo y medio.

Otra cuestión importante es que en las *Minutas* se reflejan las *masas de cultivo*, de manera que no se pueden conocer las características del parcelario de propiedad o explotación, así como su extensión, el tamaño de las parcelas, forma, etc. Sin embargo, dichas características se podrían estudiar mediante otras fuentes como los *Amillaramientos* o el posterior *Catastro Nacional Topográfico Parcelario* de 1928 en donde se determinaron las características no solo físicas y jurídicas sino también fiscales y económicas a una escala más precisa entre 1:2.000 y 1:10.000 (Fernández Nieto, 2005). Sí se podría afirmar que el viñedo, al tratarse de un producto de autoconsumo, y encontrarse fundamentalmente en los ruedos de los pueblos, al requerir más cuidados que otros cultivos leñosos, las explotaciones se reducirían a pocas fanegas por familia. En cuanto a la propiedad habría que tener en cuenta la importancia de los bienes comunales hasta el siglo XIX y su posterior enajenación.

En cambio, sí se ha podido conocer la combinación de este cultivo con otros leñosos como el olivo, o en tierras de labor e incluso de monte bajo, cuantificando y localizando esta particularidad que ya destacan las fuentes orales (Domínguez, 2021) o documentales (Moreno, 1987; Torres, 2012) para el área citada. Asimismo, esta cuestión en gran medida puede ser extrapolable a buena parte de otros territorios y cultivos, pues de la misma manera el olivar se trataba como un árbol frutal más, dentro de una agricultura promiscua, situado en las zonas próximas a las localidades y mezclándose con otros cultivos como el cereal, siendo considerado igualmente como un complemento más de la dieta.

Determinar la densidad media de las explotaciones a partir de las superficies resultaría un tanto arriesgado pues depende de la topografía o de la combinación con otros cultivos. Según el Parcelario Catastral y sus Memorias de la Riqueza Rústica de 1899 para el término municipal de Córdoba (Torres, 2012) los marcos de plantación del viñedo utilizados en las parcelas eran de unas 2 varas castellanas o burgalesas (1,67 m). Así, a resultados de dicha proporción, la densidad media de las explotaciones sería aproximadamente de unas 3.500 cepas por hectárea.

El cálculo de las pendientes ha permitido determinar que el 42,5% del cultivo se ubicaba en terrenos llanos y en laderas no muy acentuadas, con menos del 7% de inclinación. Un dato bajo si se tiene en cuenta que en Castilla y León el 77,5% del cultivo tiene pendientes inferiores al 5% (Fernández, 2014). Si bien, en nuestro caso, las cifras obtenidas nos acercan más a las comarcas del Bierzo y de los Arribes, donde la pendiente de este cultivo es mayor, entre el 10 y el 20% (Alonso Santos, 2003) y en laderas que incluso llegan a abancalarse.

En la serranía cordobesa no se ha detectado el empleo de terrazas para facilitar el laboreo, que por otra parte debiera ser bastante dificultoso dado el tipo de suelos, las pendientes o los estrechos marcos de plantación y que, en definitiva, solo permitirían un cavado y binado a azada, o un somero laboreo con una mula y arado. Así, la existencia de unas pendientes moderadas facilita el drenaje de los suelos y la insolación. Además, hay que tener en cuenta que unas mayores pendientes implican la existencia de suelos más ácidos por el arrastre de carbonatos cálcicos y de nutrientes que producen las precipitaciones. Por ello la reducción del laboreo y el mantenimiento de cubiertas vegetales, tanto en el viñedo como en el olivar de montaña son recomendables en la actualidad.

La orientación de las laderas difiere notablemente de otros viñedos, en las comarcas serranas predominan las orientaciones sudeste (21,24%) y la nordeste es significativa (19,17%). La sur es solo del 20,26%, cuando en Castilla y León la exposición meridional es de un 42,29% (Fernández, 2014) y en La Rioja esta misma exposición es del 42,20% (Arnáez *et al.* 2006). Sin duda esta cuestión se relaciona con la particular orientación de los relieves hercinianos que atraviesan oblicuamente la Sierra de Córdoba en bandas NW-SE, siendo notable la insolación la que mira a la vertiente este.

Estudios recientes (Domínguez, 2021) que persiguen el conocimiento y la recuperación de variedades autóctonas en Los Pedroches han analizado los valores de pH en donde se asentaban antiguos viñedos, resultando que en la zona de la pizarra, sobre suelos ácidos, nuestros ancestros se establecieron en el Barranco de la Calera (pH 5,3-6,2), en Tagarroso (pH 5,7), la Dehesa la Vera (pH 6) o en la Nava de Vacas (pH 7,5) y aunque se tuviesen en cuenta otros factores de orden físico como humano, como los ya citados, el agricultor no obviaría estas circunstancias.

Resta también identificar otros elementos importantes del paisaje del viñedo en el norte de la provincia como sería el hábitat asociado al cultivo, los lagares donde se obtenía el mosto y bodegas en donde se almacenaba, cuestiones mejor conocidas en otras zonas de la provincia (Florido, 1994; Naranjo, 2009). De estas edificaciones, hoy desaparecidas o en ruinas, quedó reflejada su ubicación y denominación en la toponimia rotulada en el MTN por lo que se podría abrir una nueva línea de estudio con esta fuente cartográfica³.

3. Sin obviar que el término *lagar* hacía también referencia al edificio o lugar donde se prensaba también la aceituna.

De la misma manera que ha desaparecido el hábitat asociado, las viñas se fueron sustituyendo por olivar o dehesa, quedando algunas de ellas relegadas a emparrados en los cortijos, huertas, o en los muros de piedra de las cercas. Y es así, como de los análisis genéticos de estas viñas antiguas, la Universidad Pública de Navarra y el Instituto de Formación Agraria y Pesquera de Andalucía (Ifapa) de Cabra, por iniciativa del Grupo de Desarrollo Rural (GDR) de Los Pedroches, han identificado ocho genotipos no descritos previamente (Martín *et al.*, 2022). Dos de ellos, denominados *Amparo* (variedad tinta) y *Arises* (variedad blanca) fueron intencionadamente cultivados y vitificados. El Ifapa también ha descubierto que hubo variedades comerciales españolas (*Alarije* y *Cayetana Blanca*), una variedad de mesa (*Ahmeur bou Ahmeur*), una variedad extranjera (*Schia-va Grossa*) y cuatro minoritarias (*Hebén*, *Jarrosuelto*, *Zurieles* y *Negra Dorada*).

Así, el estudio y la posible recuperación de variedades autóctonas en esta zona y otras de Andalucía podría ayudar a reducir la vulnerabilidad del viñedo y sus variedades más comerciales, que parecen abocadas a una merma de su capacidad productiva y a daños a nivel biológico en las plantas en su lucha por la adaptación al cambio climático (Resco *et al.*, 2014; Agencia de Medio Ambiente y Agua, 2023).

Otros elementos primordiales de los paisajes de viñedo desaparecidos en el norte de la provincia de Córdoba son los elementos materiales o insumos que se asociaban a la actividad vitícola y que hoy aparecen dispersos, como las tinajas de barro para la fermentación, algunas prensas y otros elementos del patrimonio mueble e inmueble. En este sentido se puede destacar el proyecto del Ayuntamiento de Pedroche para recuperar una antigua bodega subterránea. Pero faltan también los testimonios orales, desaparecidas, varias generaciones atrás las personas que conocían el viñedo, sus variedades, cuidados, etc. Los aspectos culturales relacionados con este cultivo todavía se recuerdan en el refranero o en las fiestas tradicionales también en otras zonas de Sierra Morena (De Torres, 1994).

Los paisajes rurales del viñedo histórico de Sierra Morena como los de la Subbética cordobesa (Osuna, 2021), los de Almería (Haro y Sánchez, 2020) o los de otras partes de Andalucía, a tenor de lo expuesto, y no solo por sus variedades, son singulares. Reconstruir o estudiar las cuestiones planteadas permitiría también aquilatar mucho mejor los paisajes desaparecidos o rotos de este viñedo, de manera que estaríamos en disposición poder definir ya unos paisajes culturales o patrimoniales del viñedo, en el sentido que apunta Bertrand y Bertrand (2002) como el resultado de la relación en el tiempo de las sociedades y el entorno natural.

6. Conclusiones

El hecho de que fuese Córdoba la primera provincia andaluza en dónde se iniciaran los trabajos topográficos y cartográficos que darán como resultado la primera serie del Mapa Topográfico Nacional ha permitido reconstruir la localización y extensión del viñedo del norte de la provincia de Córdoba en unas fechas tempranas que oscilan entre 1871 y 1895, cubriéndose un importante hueco en su conocimiento, de manera que a partir de fuentes cartográficas históricas y mediante técnicas de análisis geográfico ha sido posible llegar a una construcción diacrónica del cultivo. La imagen generada y su análisis espacial ha permitido reconstruir parte también de lo que fueron los paisajes de viñedo, así como su alternancia con otros cultivos, los relieves sobre los que se asentaban, su orientación o el sustrato litológico.

Pero aún resta por conocer o completar bastantes elementos de lo que en su día fuesen los paisajes que dibujaban el principal cultivo leñoso de la Sierra antes del olivo. Avanzar en el conocimiento de la propiedad, el régimen de explotación, el hábitat asociado o los aspectos sociales y culturales permitiría recuperar la imagen completa de un paisaje cultural ligado a un territorio tan poliédrico como es el norte de la provincia de Córdoba.

La reciente identificación y puesta en valor de variedades autóctonas mediante vinificaciones experimentales de las variedades autóctonas se podrían englobar dentro del concepto de *servicios ecosistémicos sostenibles en paisajes culturales*, tal y como desarrollan Haines & Potschin (2010). Este concepto se refiere a los beneficios que la sociedad actual puede obtener del reconocimiento de bienes intangibles vinculados a los lugares, ecosistemas y agrosistemas, e incluye la apreciación por parte de las poblaciones en el fortalecimiento de la identidad rural y el sentido de pertenencia. Los paisajes culturales del viñedo de la Sierra se refieren a un agrosistema propio de la economía preindustrial, en donde el uso sostenible de la tierra era posible, a expensas de unos suelos pobres y escasas precipitaciones, con unos aprovechamientos que resolvían las necesidades alimentarias de unas comarcas muchos más pobladas en el pasado.

Los resultados obtenidos en este trabajo y los intentos de recuperar algunas variedades autóctonas anteriores a la filoxera debieran ser tenidos en cuenta no solo de cara a la protección, gestión y ordenación de estos espacios. Es más, en el contexto de la crisis de los espacios rurales de la montaña media mediterránea y de la despoblación, los estudios o las iniciativas que aporten conocimiento sobre la biodiversidad, la sostenibilidad y el bienestar humano no solo recuperan una parte de la cultura agraria que se perdió hace un siglo, sino que además pueden dar una segunda oportunidad a territorios de un importante valor paisajístico y medioambiental.

Bibliografía

- Agencia de Medio Ambiente y Agua. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía. (2023). *El clima de Andalucía del siglo XXI. Escenarios locales de cambio climático actualizados al 5º informe del IPCC*. Recuperado de https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/41019046/El_clima_de_Andalucia_ok.pdf/f23043ed-e412-23d1-a78d-da5265f7e50f?t=1648037656758
- 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.
- Arnáez Vadillo, J., Ortigosa Izquierdo, L. M., Ruiz Flaño, P. & Lasanta Martínez, T. (2006). Distribución espacial del viñedo en la Comunidad Autónoma de La Rioja influencia de la topografía y de las formas del relieve. *Polígonos: Revista de geografía*, 16, 11-34. Recuperado de <https://revpubli.unileon.es/ojs/index.php/poligonos/article/view/409/362>
- Baraja Rodríguez, E., Herrero Luque, D., Martínez Arnáez, M., & Plaza Gutiérrez, J. I. (2019a). Atributos patrimoniales y gestión del paisaje vitivinícola en espacios de montaña: la Sierra de Salamanca. *Estudios Geográficos*, 80 (286), e001. doi: 10.3989/estgeogr.201921.001
- Baraja Rodríguez, E., García de Celis, A. J. & Herrero Luque, D. (2019b). Gestión del paisaje vitivinícola en las Reservas de la Biosfera españolas. *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada*, 58 (3), 45-168. doi: 10.30827/cuadgeo.v58i3.8637
- Barrios, I. (1995). *Los suelos de viñedo de rioja alavesa*. Santiago de Compostela, España: Universidade de Santiago de Compostela.
- Bermudo Gutiérrez, P. (1972). *Notas sobre la evolución de la Propiedad Rústica privada en Villanueva de Córdoba en el último tercio del siglo XVIII y en el siglo XIX*. Madrid, España: Graf. Martín.
- Bertrand, Cl. et G. (2002). *Une géographie traversière: L'environnement à travers territoires et temporalités*. Paris, Francia: Éditions Arguments.

- Blanco Carrasco, J. P. (1994). Vino y viñedo en Extremadura, reparto territorial según las respuestas generales al catastro del Marqués de la Ensenada: 1751-1754. En *Actas del XVI Jornadas de viticultura y enología de Tierra de Barros* (pp. 799-808). Almendralejo, 9-13 de mayo de 1994.
- Cabanás Pareja, R. (1980). *Geología cordobesa. Guía del sector norte*. Córdoba, España: Ed. Escudero.
- De Torres Martínez, J. C. (1994). Aspectos de la cultura popular en Las Viñas de Sierra Morena (Andújar). *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 154, 249-271.
- Domínguez Márquez, F. J. (2021). *Estudio sobre el viñedo de Los Pedroches: historia, caracterización y perspectivas de futuro*. Córdoba: Asociación para el Desarrollo Rural de la comarca de Los Pedroches (Adroches) e Instituto Provincial de Desarrollo Económico (IPRODECO). Recuperado de <https://www.adroches.org/index.php/documentos/publicaciones/126-estudio-sobre-el-vinedo-de-los-pedroches>
- Fernández Nieto, A. (2005). El plano "catastrón" del Catastro Topográfico Parcelario. *CT: Catastro*, 53, 171-184. Recuperado de https://www.catastro.meh.es/documentos/publicaciones/ct/ct53/07-DOCUMENTOS_53.pdf
- Fernández Portela, J. (2014). La distribución de la superficie de viñedo en Castilla y León según sus variables topográficas. *Anales de geografía de la Universidad Complutense*, 34 (2), 43-63. Recuperado de <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/47072/44141>
- Fernández Portela, J., García Juan, L. & Bringas Gutiérrez, M. A. (2021). Del catastro de ensenada a la actualidad, más de dos siglos de cambios en el paisaje del viñedo. Estudio de caso de Ciudad Rodrigo y Cubillas de Santa Marta. En Libro de resúmenes *XXVII Congreso de la Asociación Española de Geografía* (pp.313-314). La Laguna 14-17 de diciembre de 2021. Recuperado de <https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2021/12/Libro-Resumenes-Aportaciones-al-XXVII-Congreso-de-Geografia.pdf>
- Florido Trujillo, G. (1994). El lagar como forma de hábitat en el viñedo de Montilla-Moriles. En *Miscelánea geográfica en homenaje al profesor Luis Gil Varón*, 1994, (pp. 105-124). Córdoba, España: Universidad de Córdoba.
- Galilea, I., Arnáez, J., Lasanta Martínez, T., & Ortigosa, L. (2015). Evolución y desfragmentación del paisaje del viñedo en La Rioja Alta (España) en el periodo 1956-2000. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, 69. doi: 10.21138/10.21138/bage.1899
- Garcés Olmedo, A. (1991). *Expansión y crisis de la viticultura tradicional. La baja Andalucía (siglos XV-XIX)*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Gómez Zotano, J. (2006). El paisaje de la colonia agrícola de San Pedro Alcántara (provincia de Málaga). Bases naturales y reconstrucción geohistórica a través del Catastro. *Cuadernos Geográficos*, 38, 111-170.
- Gómez Zotano, J. & Moreno Sánchez, J. J. (2006). El análisis de la dinámica espacio-temporal del paisaje mediante sistemas de información geográfica. El cultivo del castaño en la Serranía de Ronda. En *El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas* (pp. 237-247). Actas del XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Granada, septiembre de 2006.
- Gutiérrez Elorza, M. (1989). El relieve. En V. Bielza (ed.), *Territorio y sociedad en España*. T. I, (pp. 9-35). Madrid, España: Taurus.
- Haines-Young, R. H. & Potschin-Young, M. B. (2010). The links between biodiversity, ecosystem service and human well-being. In D.G. Raffaelli & C. L. Frid (Eds), *Ecosystem Ecology: A New Synthesis* (pp.110-139). Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511750458.007
- Haro Gil, M. D. & Sánchez Picón, A. (2020). La uva de Almería. Un cultivo comercial que construyó un paisaje agrario en la montaña mediterránea (siglos XIX y XX). *Gazeta de Antropología*, 36 (1), artículo 03. Recuperado de <http://www.gazeta-antropologia.es/?p=5270>
- Hernández Pacheco, E. (1911). Elementos geográficos-geológicos de la Península Ibérica. *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, 5, 225-231.
- Hernández Pacheco, E. (1926). *La Sierra Morena y la Llanura Bética (Síntesis geológica)*. Madrid, España: Instituto Feológico y Minero.
- Huetz de Lemps, A. (1993). *Vignobles et vins d'Espagne*. Bordeaux, France: Presses Universitaires.
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. 2011-2021. *Padrón Municipal de Habitantes*. Recuperado de <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/dega/padron-municipal-de-habitantes-cifras-oficiales-de-poblacion-municipal>
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. 2021. *Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA)*. Recuperado de <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/index2.htm>

- Lacomba, J. A. (1974). En Málaga a fines del siglo XIX: filoxera, desindustrialización y crisis general. *Gibraltar. Revista del Instituto de Estudios Malagueños*, 26, 91-128.
- Llorente Adán, J. A. (2010). Modelos de viñedos en la Rioja Alta (La Rioja, España) a partir de sistemas de información geográfica y análisis multifactorial. *Zubía*, 28, 89-110.
- Loma Rubio, M. (1984). *El viñedo en la provincia de Córdoba*. (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla.
- Loma Rubio, M. (1993). *La crisis de la filoxera en el viñedo cordobés*. Córdoba, España: Obra Cultural de la Caja de Ahorros.
- López Ontiveros, A., García Verdugo, F. R., Reyes Lorite, J. L. & Rivera Mateos, M. (1989). Bibliografía y fuentes para el estudio geográfico de la provincia de Córdoba. *Axerquía. Revista de Estudios Cordobeses*, 16, 53-157.
- Luque Revuelto, R. M. (2012). *Poblamiento y hábitat rural en la Sierra de Córdoba*. (Tesis doctoral). Universidad de Córdoba. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10396/7650>
- Madoz e Ibáñez, P. (1846-1850). *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Madrid, España: Establecimiento tipográfico de P. Madoz y L. Sagasti.
- Mata Olmo, R & Muñoz Dueñas, M. D. (1999). Fuentes y práctica catastral en Córdoba (siglos XVIII-XX) Una reflexión desde la historia agraria. *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*, 185, 81-107.
- Martín, A., Rodríguez-Torres, I., Ramírez, M.P., Velasco, L., & Cretazzo, E. (2022). *Caracterización Genotípica y Sanitaria de Variedades de Vid Minoritarias Prospectadas en Andalucía*. Recuperado de <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/99ff40d0-016b-4dda-8219-32032a95a716/download>
- Merino Madrid, A. (1994). *Historia de Añora*. Córdoba, España: Diputación Provincial y Ayuntamiento de Añora.
- Molleví, G. (2008). La Cartografía como instrumento para investigar la evolución del paisaje vitícola catalán. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 65, 55-66. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/TreballsSCGeografia/article/view/256703>
- Moya García, E., Cuesta Aguilar, M^a. J. & Sánchez Martínez, J. D. (2016). El olivar jiennense en los levantamientos topográficos del Instituto Geográfico y Estadístico (1874-1883), *Documents d'anàlisi geogràfica*, 62 (2), 373-402. doi: 10.5565/rev/dag.313
- Moreno Valero, M. (1987). *Olivar de los Pedroches: tradiciones y folklore*. Córdoba, España: Tip. Andaluza.
- Naranjo Ramírez, J. (2009). El valor paisajístico de lo utilitario. La casa rural en el viñedo cordobés: "los lagares". En E. Martínez & N. Ortega (Coord.). *Los valores del paisaje* (pp. 293-316). Madrid, España: Fundación Duques de Soria y Universidad Autónoma de Madrid.
- Osuna Luque, R. (2021). El protagonismo del viñedo en la Subbética cordobesa: El caso de Carcabuey. *Boletín de la Real Academia de Córdoba de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes*, 170, 333-366.
- Pantoja Vallejo, J. L. (2007). *El viñedo en la provincia de Jaén. Siglos XVIII-XX*. Jaén, España: Universidad de Jaén.
- Peña, J. M. (2015). Aplicación de drones en la monitorización y protección del viñedo. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, 274, 102-103.
- Ramírez y de las Casas-Deza, L. M. (1986). *Corografía histórico-estadística de la provincia y obispado de Córdoba*. Córdoba, España: Publicaciones del Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Córdoba.
- Resco Sánchez, P., Bardaji Azcárate, I., Iglesias Picazo, A. & Sotés Ruiz, V. (2014). Vulnerabilidad del viñedo español al cambio climático. En Castillo Valero, J.S. y Compés López, R. (Coord.). *La economía del vino en España y en el mundo* (pp. 245-270). Almería, España: Cajamar Caja Rural.
- Ruiz Morales, M. (2005). Los primeros trabajos del Instituto Geográfico, *Mapping Interactivo*, 103, 6-17.
- Sánchez Martínez, J. D. & Galiano Parras, S. (2014). La expansión contemporánea del olivar en la provincia de Jaén. Dinámica espacio-temporal de un cultivo excepcional. En Castro Galiano, E. (Ed.) *Proyectos de investigación 2011-2012*. Jaén, España: Universidad de Jaén.
- Torres Márquez, M. (2012). El paisaje rural según el parcelario catastral y sus Memorias de la riqueza rústica de 1899. El término municipal de Córdoba (España). *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 16 (409). Recuperado de <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-409.htm>.
- Torres Márquez, M. (2016). Córdoba en las «minutas cartográficas» del Instituto Geográfico Nacional (1871-1900) y su hábitat rural como herramienta cartográfica. *Investigaciones Geográficas*, 65, 75-96.
- Unamunzaga Galarza, O. (2010). *Zonificación de un viñedo de Rioja Alavesa según las propiedades del suelo y su influencia sobre producción y calidad*. Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza.

- Urteaga, L. & Nadal, F. (2001). *Las series del mapa topográfico de España a escala 1:50.000*. Madrid, España: Centro Nacional de Información Geográfica.
- Valle Buenestado, B. (1981). Los paisajes agrarios de Sierra Morena. Su relación con la estructura de la propiedad y de las explotaciones. En Universidad de Alicante (Ed.), *La propiedad rústica en España y su influencia en la organización del espacio* (pp. 449-468). Alicante, España: Universidad de Alicante.
- Valle Buenestado, B. (1986). *Geografía agraria de Los Pedroches*. Córdoba, España: Diputación Provincial.
- Valle Buenestado, B. (2016). La Sierra Morena cordobesa: naturaleza, génesis del paisaje y patrimonio ambiental. *Revista ph*, 90, 30-47. Recuperado de www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/3838
- Vega-Pozuelo, R., Torres-Márquez, M. & Naranjo-Ramírez, J. (2017). Recursos cartográficos y geohistóricos para el inventario de humedales temporales y desecados mediterráneos. *GeoFocus* 19, 151-179. doi: 10.21138/GF.540

Agradecimientos

Los autores agradecen a los revisores de este artículo sus comentarios y sugerencias, así como la colaboración del Grupo de Desarrollo Rural (GDR) de Los Pedroches, del Instituto de Formación Agraria y Pesquera de Andalucía (IFAPA) de Cabra y del Ayuntamiento de Pedroche. Especialmente valiosa ha sido la ayuda de Miguel Loma Rubio y de Francisco Javier Domínguez Márquez.

Contribución de autorías

El artículo ha sido coordinado por Ricardo Manuel Luque. Los tres autores han participado en el planteamiento del artículo. Daniel Moreno es el responsable del apartado metodológico, siendo este completado por Rafael Cañete. La digitalización, el análisis SIG y la cartografía y fueron elaborados por Rafael Cañete. Los resultados y discusión del texto han sido abordados por Ricardo Manuel Luque y revisados por Daniel Moreno. Por último, los tres autores han recopilado la bibliografía y revisado la redacción del artículo.

Financiación

Este trabajo de investigación no ha contado con ayudas ni financiación.

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Analyzing land cover change dynamism through a GIS-based method: application to Gran Canaria (Canary Islands, Spain)

Analizando la dinámica de cambios en las coberturas del suelo a través de un método con SIG: aplicación a Gran Canaria (Islas Canarias, España)

AARÓN MOISÉS SANTANA CORDERO^{1,2}  0000-0003-2210-1980

¹ Departamento de Geografía, Universidad de Salamanca; Grupo Geografía, Medio Ambiente y Tecnologías de la Información Geográfica.

² Instituto de Oceanografía y Cambio Global, IOCAG, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España.

Abstract

Landscapes are dynamic areas which can be studied from the perspective of different, but related, disciplines. The application of GIS methods to study landscape change is an interesting resource to help understand and explain landscape dynamics. Thus, the objective of this paper is to characterize land cover dynamism and identify land cover change 'hotspots'. The method used here generates raster maps in which each pixel value represents the number of times each pixel has changed land cover between 1990-2018. Furthermore, it provides three of these maps, since it works with the 3 taxonomic levels of Corine Land Cover datasets, giving us different levels of detail in the analysis. On the other hand, the statistical treatment of the data has been done at the municipal level. The most important results reveal that Agüimes is the municipality with the most dynamic land cover change in the three levels, while Tejeda, in level 1, and Valsequillo, in levels 2 and 3, have the least changing land cover. These outputs are complemented with other statistical analyses which allow the integration of different data types such as those related to population, tourism and agriculture. Subsequently, some of the methodological issues and findings are discussed and put in context with the scientific literature.

Keywords: spatial analysis; land cover dynamism; land cover change; Corine Land Cover; Gran Canaria.

Fechas • Dates

Recibido: 2023.04.20
Aceptado: 2023.10.09
Publicado: 2024.02.23

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Aarón Moisés Santana Cordero
aaron.santana@usal.es

Resumen

Los paisajes son áreas dinámicas que pueden ser estudiadas desde la perspectiva de diferentes disciplinas relacionadas. La aplicación de métodos con sistemas de información geográfica para estudiar cambios en el paisaje es un recurso que ayuda a entender y explicar la dinámica del paisaje. Así, el objetivo de este artículo es caracterizar el dinamismo de las coberturas del suelo y la identificación de los 'hotspots' (puntos calientes) en los cambios de las mismas. El método utilizado aquí genera mapas ráster en los que el valor de cada píxel representa el número de veces que cada uno de ellos ha cambiado de cobertura entre 1990 y 2018. Además, este método proporciona tres mapas, ya que trabaja con los tres niveles taxonómicos de los datos del Corine Land Cover, dándonos diferentes niveles de detalle en el análisis. Por otro lado, el tratamiento estadístico de los datos se ha hecho a nivel de municipio. Los resultados más importantes revelan que Agüimes es el municipio con los cambios de cobertura del suelo más dinámicos en los tres niveles, mientras que Tejeda, en el nivel 1, y Valsequillo, en los niveles 2 y 3, tienen las coberturas de suelo menos cambiantes. Estos resultados son complementados con otros análisis estadísticos que permiten la integración de diferentes tipos de datos, como son los relativos a la población, al turismo y a la agricultura. Seguidamente, algunos problemas metodológicos y resultados son discutidos y puestos en contexto con la literatura científica.

Palabras clave: análisis espacial; dinámica de las coberturas del suelo; cambio de las coberturas del suelo; Corine Land Cover; Gran Canaria.

1. Introduction

Landscapes are dynamic areas which evolve as the result of human and/or natural factors, although most of the time they act in combination (Antrop, 1998). Their dynamism triggers changes that can be quantified and explained, although this is by no means an easy task. In this respect, some important contributions have been made from the perspective of landscape ecology through the study of landscape patterns and metrics (Gustafson, 1998; Turner, 1990), basic issues in this discipline. Their objective is to characterize the land units and study their distribution in a given moment as well as their effects on landscape processes (Turner, 1989). On the other hand, several challenges and methodological issues have also been identified and described in land change science (Rindfuss et al., 2004; Turner et al., 2007), which has emerged in response to global environmental change. This discipline is based especially on land use and land cover changes from global to local scale, and methodological issues related to it are continuously addressed. Some of these issues are tackled using geographical information systems (GIS) and remote sensing. For its part, historical ecology has provided researchers with a framework through which to study past landscapes and understand their current processes and patterns. Thus, diachronic landscape studies ranging from decades to centuries can now be approached from a solid background of varying perspectives which can potentially be integrated for better results and comprehension of what are often complex issues in terms of human-nature interaction. It should be noted that, at theoretical level, integration questions in relation to ecology and history, or science and humanities, have been highlighted as a key element in historical ecological studies (Crumley, 1994; Szabó, 2010). Their integration constitutes a clear advance in the successful undertaking of landscape-scale case studies.

Focusing now on spatio-temporal land changes, these are globally present, with human intervention not necessary for their occurrence given the continuous dynamics of natural processes. In

this regard, the concepts of change and persistence are very important, and theoretical and practical advances associated with them have become an essential resource for researchers studying landscape dynamics (Bürgi et al., 2015; Lieskovský and Bürgi, 2018). Beyond the obvious statement that land is continuously changing, it should be noted that the change will depend on the time scale and the human activities carried out in the land under study, as the latter can provoke persistence by maintaining, for example, the same land cover through the years. However, we have to consider that a plot of land can be continuously changing, thus introducing the question of the frequency of change, as argued by Antrop (1998). It can lead us to know the degree of dynamism of the land cover changes by identifying land cover changes 'hotspots', which can constitute valuable information for regional planners and stakeholders working on the land.

In the literature, there are some interesting works that address landscape changes. Watson et al. (2014) summarize four key aspects of land cover change, namely (1) frequency of land-cover changes, (2) the sequence of land-cover types, (3) the time span over which each land-cover type extends, and (4) the magnitude of difference between land-cover types. Furthermore, Dimopoulos and Kizos (2020) study agricultural landscape changes through a mixed-methods approach. Another study, focused on Mediterranean tree-crops, analyzes dominant land use processes and their main drivers over the past 200 years (Wolpert et al., 2020).

In this context, geographic information science (GISc) plays a crucial role as a spatial foundation to develop these studies (Aplin and Smith, 2011). Thus, the development of methods for detecting land changes and quantifying them constitutes a central task, as previously mentioned, in at least one aspect: it allows the performance of analyses in a systematic way. However, auxiliary sources and methods can perfectly complement GISc, at the same time enriching the interpretation of the outcomes reached. This is the case of qualitative sources, methods and techniques (Santana-Cordero and Szabó, 2019). They strongly connect with history, an inescapable part of these studies, since they incorporate the temporal component in their analysis. A key question in these studies is to know well the different existing methods and techniques and how to combine them properly in a way that these different methods and their results complement each other.

This paper presents a method to quantify landscape dynamics using Corine Land Cover (CLC) datasets. The proposed method is applied to Gran Canaria island (Canary Islands, Spain), with each land unit (pixel, 5 m of spatial resolution) containing the number of times its land cover has changed in the period 1990-2018. However, statistical analysis of data has been done at a municipality level, which allows comparisons among municipalities and provides some useful results for regional planning and land management.

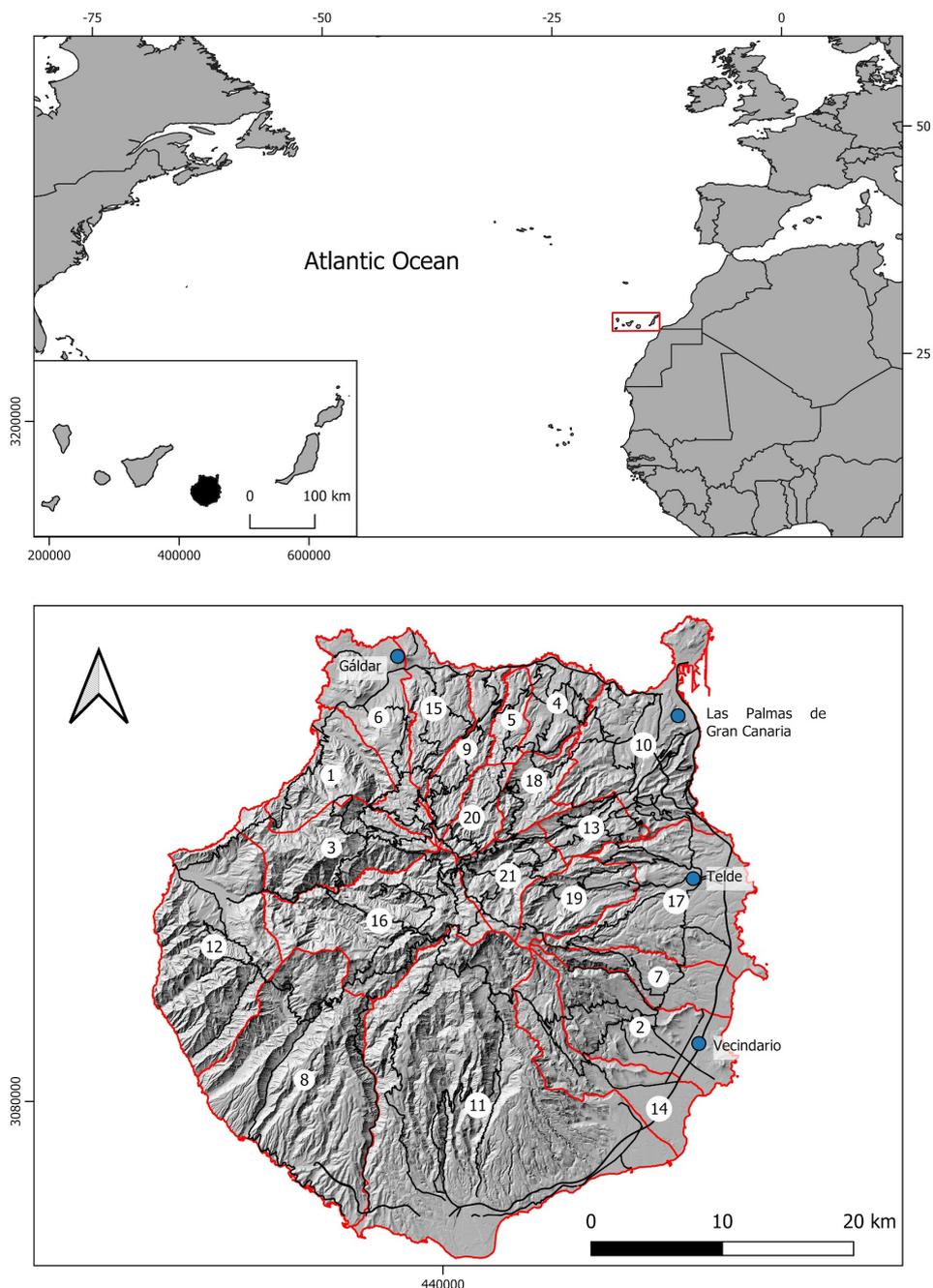
This research is focused on the first aspect of Watson et al. (2014), i.e., frequency of land cover change, and its objective is to characterize land cover dynamism and identify land cover change 'hotspots'.

2. Study area

Gran Canaria is one of the Canary Islands, an archipelago located in the north Atlantic ocean, near to the NW border of Africa (Fig. 1). The island has an area of 1560 km² and its highest point is in the center of the island at 1949 m above sea level. It has approximately one million inhabitants distributed throughout the whole island, but with a concentrated population of nearly 400 000 inhabitants in the capital city of Las Palmas de Gran Canaria (LPGC), situated in the island's

NE corner. The city was founded in 1478 after the Spanish had seized control of the island from the aboriginal inhabitants. The first settlements were located mainly in the NE of the island and the rest of the N sector. After the conquest, lands were distributed and many were converted into arable land for their exploitation. This agrarian economic model survived until the mid-XX century, when the arrival of tourism resulted in a major transformation of both the economy and the land. Nowadays, Gran Canaria is, together with other Canary Islands, a well-known and important tourist destination. In this context, it is of interest to consider the dynamism of its landscapes, which are changing at unprecedented rates.

Figure 1. Reference map and study area - Gran Canaria - with the different municipalities numbered. Key: (1) Agaete, (2) Agüimes, (3) Artenara, (4) Arucas, (5) Firgas, (6) Gáldar, (7) Ingenio, (8) Mogán, (9) Moya, (10) Las Palmas de Gran Canaria, (11) San Bartolomé de Tirajana, (12) La Aldea de San Nicolás, (13) Santa Brígida, (14) Santa Lucía, (15) Santa María de Guía, (16) Tejeda, (17) Telde, (18) Teror, (19) Valsequillo, (20) Valleseco, and (21) Vega de San Mateo.



3. Materials and methods

3.1. Materials

For the spatial analysis, the following sources were used: CLC datasets from 1990, 2000, 2012, 2018 (at 1:100 000 scale) obtained from the *Instituto Geográfico Nacional* (National Geographic Institute, Spain). For the statistical analysis, data on agricultural extension (from 2007, 2012 and 2018 - the years available), the number of tourists (1993-2018) and population data (1990, 2000, 2007, 2012 and 2018) were obtained from Istac [Statistics Institute of the Canary Islands] (2021) as well as other auxiliary data including municipality size for population density calculations. The year 2007 in the population variable was incorporated for correspondence and comparison purposes with agricultural data available.

3.2. Method: GIS-based land cover change analysis

Before starting the procedure, CLC vector layers have to be downloaded and prepared. As originally the layers have only the 3rd (the most detailed) CLC level in their attribute table, the other two taxonomic levels should be obtained, since the method presented requires them. Four CLC years were selected to perform the analysis: 1990, 2000, 2012 and 2018. In the first step, the intersection of each pair of consecutive time layers (i.e. 1990-2000, 2000-2012 and 2012-2018) is carried out. From this, 3 intersected layers are obtained: *intersection_90-00* (i.e. 1990-2000), *intersection_00-12*, and *intersection_12-18*. Each intersected layer has the codes of the 3 levels of the two intersected years. For example, the layer *intersection_90-00* will have *CODE_90_L1*, *CODE_00_L1*, *CODE_90_L2*, *CODE_00_L2*, *CODE_90_L3* and *CODE_00_L3* (CODE refers to CLC code). Then, three fields are added to the attribute table, each one indicating 0 or 1 for each intersection of each level (0 means no change, i.e. the same CLC code is in the two years intersected for a given polygon, and 1 means change). These new fields are named LD-L1 (landscape dynamics-level 1), LD-L2 and LD-L3. That is, we obtain three more fields in the attribute table (as previously mentioned) which will have a value of 0 or 1 for each intersection in the three levels (0 = no change (or persistence); 1 = change). In other words, polygons with the same category will have the value '0', and polygons with different categories the value '1'.

Then, each intersected layer is converted into 3 binary rasters (spatial resolution of 5 metres) through a rasterize tool, with the same 0 or 1 value in each level. In total, 3 binary rasters are obtained (one for each level). These steps have to be repeated with the remaining consecutive year pairs of the CLC data layers (i.e. 2000-2012 and 2012-2018). Thus, we have three binary rasters per level, i.e. 9 rasters in total.

Next, all the rasters of the same level are summed up using the raster calculator to obtain a final raster with 0-3 range values, thereby acquiring one landscape dynamic raster for each level (Fig. 2 and 3). In these new rasters, each pixel contains the number of times that the land cover has changed during the study period (from zero to three) (Fig. 2). Again, this latter process should be repeated twice (with the other two levels). That is, we have to obtain three rasters of this latter type, one for each CLC level. At this point, we conclude the first part of the analysis, by carrying out a simple GIS operation to give us the number of pixels of each category (0-3) for these last rasters (once per level), which allows us to obtain the percentages of each category for the entire island, in each level.

The second step is to extract these raster data for each of the land units of our study (i.e. the municipalities) through the extraction of the number of pixels of each category for the 21 municipalities. As before, these data permit us to obtain the percentages, but in this case at the local level.

Figure 2. Workflow of the method used.

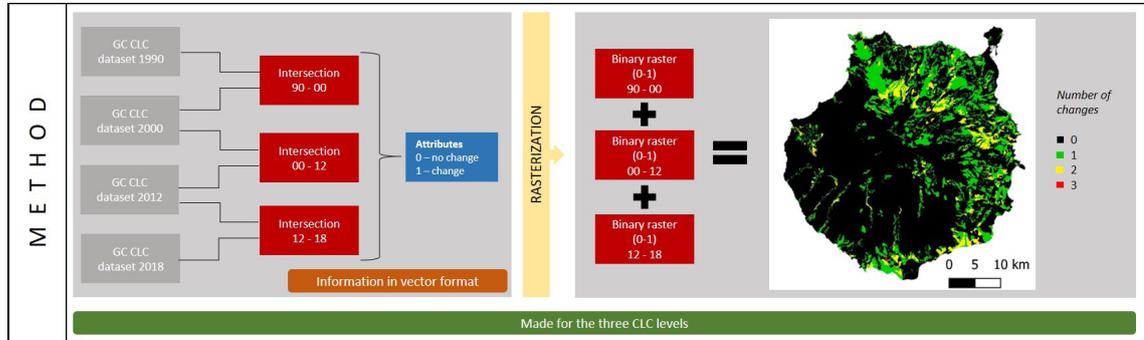
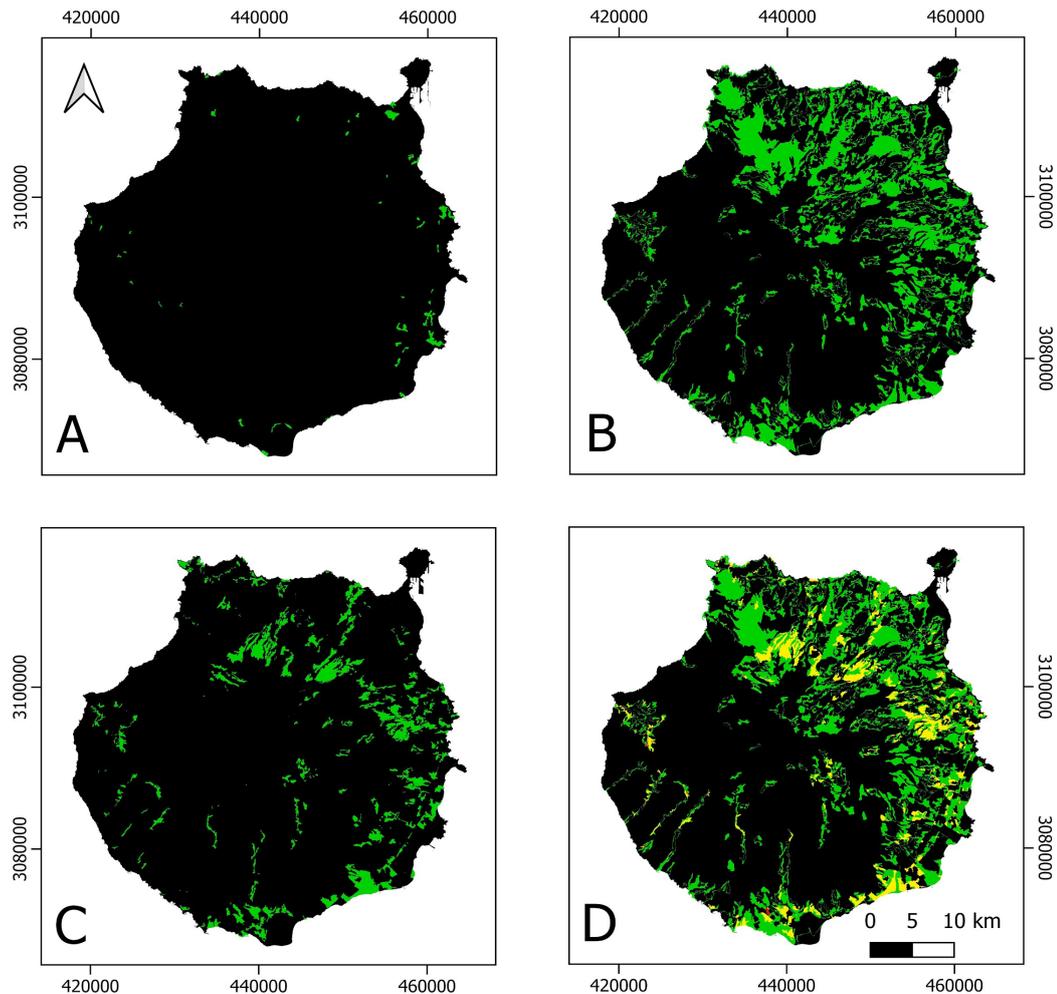


Figure 3. Summation of the three 0-1 binary raster layers (A: 1990-2000, B: 2000-2012, and C: 2012-2018) that produces the land cover dynamic raster (D), level 1. Key: black = no change; green = 1 change; yellow = 2 changes; red = 3 changes.



3.3. Statistical analysis

Some statistical data were again extracted per municipality (count, sum, mean, standard deviation and mode) but this time over the 9 binary rasters obtained (i.e. not over the three LD (landscape dynamics) rasters). Nonetheless, only the mean was used in the following operations. So, the data on landscape changes consisted of the mean value per municipality, with this being in the 0-1 range and called the average rate of change (ARC) for the three consecutive pairs of years (again in the three levels). The correlation is then determined between each ARC and the population density gains/losses in the three periods (i.e. 1990-2000, 2000-2012 and 2012-2018) and for each level. Only correlations with $R^2 \geq 0.75$ were considered as showing the existence of a relationship (Ruiz Muñoz, 2004, p. 40). It should be noted that, despite the existence of a relationship, correlation does not imply causality.

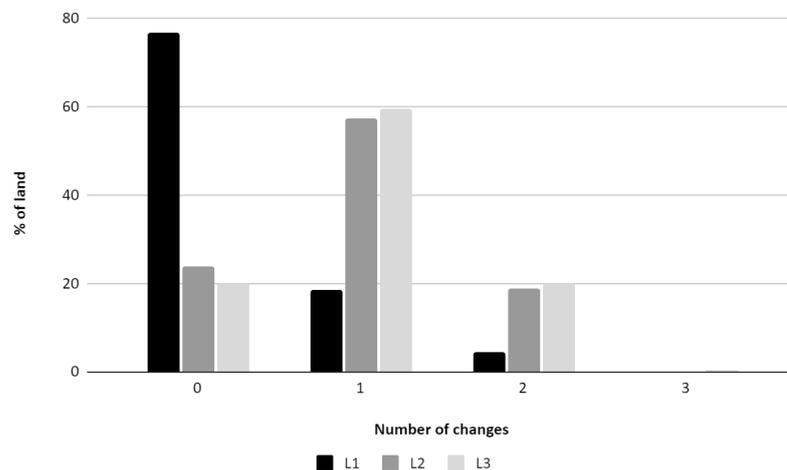
4. Results

Landscape changes over the whole island differ depending on the CLC level that is being considered (Table 1). The number of changes vary according to the level, with the 'no changes' (or persistence) category dominating in level 1, and the 'one change' category in levels 2 and 3. Spatially speaking, in level 1, in general, approximately the south-west half of the island presents 'no changes', with some exceptions, while the north-east part presents a 'no changes' - 'three changes' range. Regarding level 2, the scenario is completely different, with the different number of changes distributed around the island. The most dynamic areas are located to the east and near to the southernmost tip of the island. For level 3, the pattern is the same as the former, but with the disappearance of some 'no changes' areas. Regarding the differences, the scenario of level 1 is by some difference the most different with respect to the other two (Table 1 and Fig. 4).

Table 1. Percentage of the different categories in the three CLC levels and differences between pairs of levels. Key: "L" means level.

Categories (no of changes)/CLC levels (%)	L1	L2	L3	L1 - L2	L2 - L3	L1 - L3
0	76.87	23.70	20.01	53.16	3.69	56.85
1	18.64	57.41	59.63	-38.76	-2.22	-40.98
2	4.42	18.72	20.13	-14.30	-1.41	-15.71
3	0.05	0.15	0.21	-0.10	-0.06	-0.16
Total	100	100	100			

Figure 4. Percentage of each category in the three levels studied. Key: "L" means level.



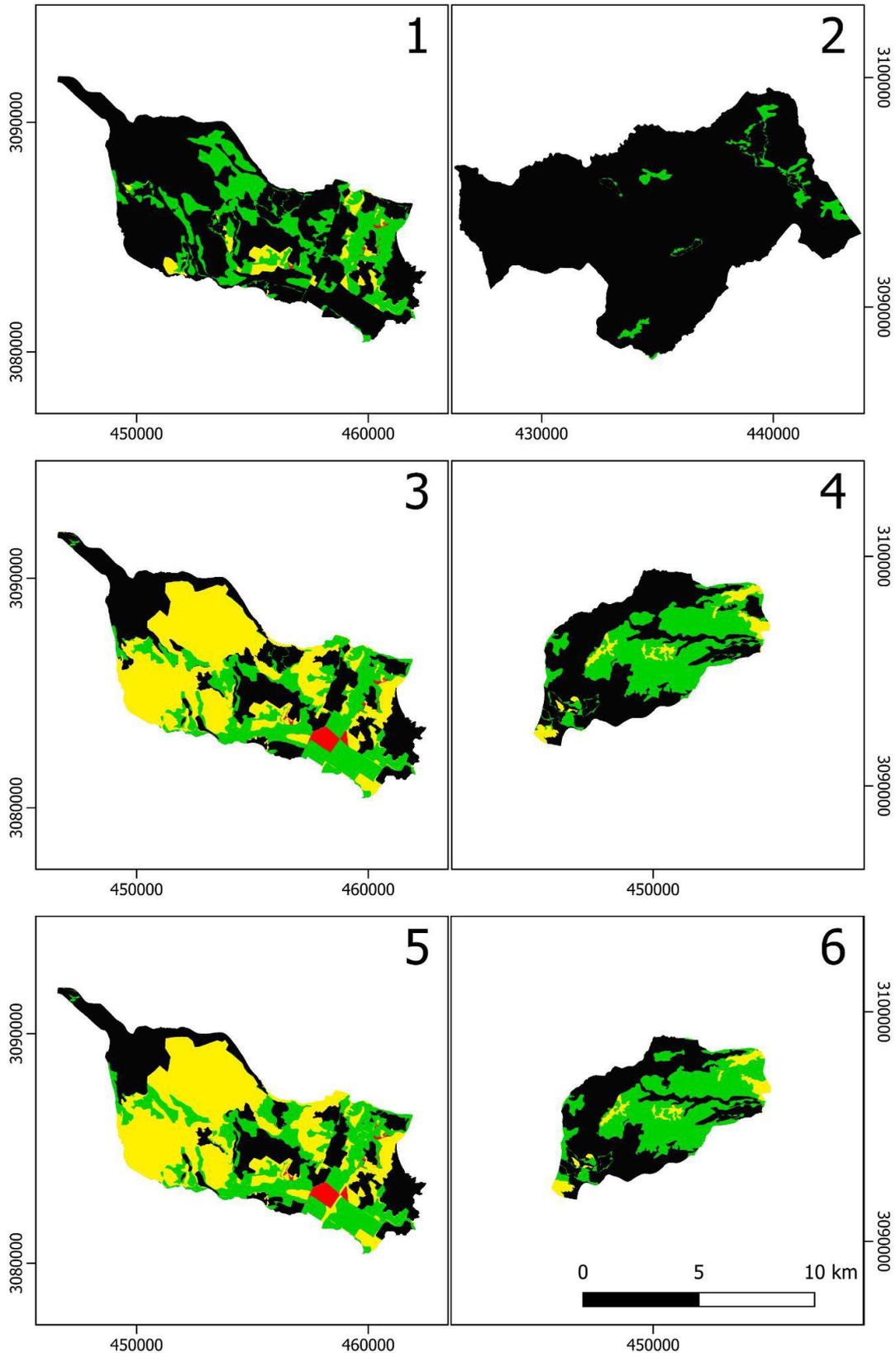
With respect to the results by municipality, the major differences between level 1 and levels 2 and 3 are again clear. In level 1, the most dynamic municipalities are Agüimes, Telde, La Aldea de San Nicolás, Arucas and San Bartolomé de Tirajana, while the least changing are Tejeda, Artenara, La Aldea de San Nicolás, Mogán and Agaete. As for level 2, the most dynamic are Agüimes, Telde, Las Palmas de Gran Canaria, Gáldar and Arucas, although La Aldea de San Nicolás and San Bartolomé de Tirajana have the same percentage as the last two. The least changing municipalities in level 2 are Valsequillo, Ingenio, Las Palmas de Gran Canaria, Vega de San Mateo and Santa María de Guía. Finally, in level 3, the most dynamic municipalities are Agüimes, Telde, Santa Lucía, Santa María de Guía and Las Palmas de Gran Canaria, while the least changing are Valsequillo, Vega de San Mateo, Las Palmas de Gran Canaria, Ingenio and Agüimes. In the intermediate categories (1 and 2 changes), Gáldar and Moya respectively rank highest in level 1 (although with low percentages), while Mogán and La Aldea de San Nicolás rank highest (respectively for 1 and 2 changes) in levels 2 and 3 with percentages above 80% (Table 2 and Fig. 5).

It should be noted that it is totally compatible for the same municipality to be among the most dynamic and the least changing, although in all cases the percentages in category 0 (unchanging or persistence) are much higher than those in category 3, especially in level 1.

Table 2. Percentage of the different categories in the three CLC levels per municipality. Top 5 in each field in bold.

Municipality	L1				L2				L3			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
Agaete	85.9	13.9	0.1	0.0	30.5	69.2	0.3	0.0	28.1	70.6	1.3	0.0
Agüimes	70.2	25.5	4.1	0.2	33.9	24.7	40.0	1.4	30.8	26.5	41.3	1.4
Aldea de San Nicolás (La)	92.5	5.2	2.2	0.1	8.4	82.9	8.6	0.1	6.8	84.2	8.9	0.1
Artenara	93.4	6.2	0.3	0.0	30.0	48.0	21.9	0.0	29.9	45.6	24.4	0.0
Arucas	53.4	42.1	4.4	0.1	28.2	60.3	11.4	0.1	25.8	62.7	11.4	0.1
Firgas	49.8	46.6	3.5	0.0	27.3	68.2	4.5	0.0	25.4	67.7	6.9	0.0
Gáldar	41.2	53.2	5.6	0.0	17.4	70.5	11.9	0.1	16.3	71.2	12.3	0.1
Ingenio	60.8	32.8	6.4	0.0	42.6	44.3	13.1	0.0	31.5	52.3	16.1	0.1
Mogán	92.4	6.6	1.0	0.0	13.5	83.3	3.2	0.0	11.8	84.3	3.8	0.0
Moya	48.5	31.0	20.4	0.0	28.6	43.0	28.4	0.0	25.4	45.4	29.2	0.0
Palmas de Gran Canaria (Las)	63.1	33.7	3.2	0.0	40.9	48.9	10.0	0.2	32.2	57.1	10.5	0.2
San Bartolomé de Tirajana	83.2	11.9	4.8	0.1	12.0	66.7	21.2	0.1	8.5	68.7	22.7	0.1
Santa Brígida	49.2	37.8	13.0	0.0	22.3	59.0	18.7	0.0	17.7	63.7	18.7	0.0
Santa Lucía	78.5	19.5	2.0	0.0	37.8	31.6	30.6	0.0	28.4	36.7	34.2	0.7
Santa María de Guía	71.7	23.5	4.8	0.0	31.9	62.2	5.8	0.0	26.7	65.1	7.9	0.2
Tejeda	96.8	3.2	0.0	0.0	23.1	13.1	63.8	0.0	23.0	13.2	63.8	0.0
Telde	59.6	27.0	13.2	0.2	29.5	52.8	17.3	0.5	22.3	53.9	23.1	0.7
Teror	53.1	33.4	13.5	0.0	27.4	57.9	14.7	0.0	23.2	60.4	16.4	0.0
Valleseco	70.9	20.0	9.1	0.0	25.5	60.2	14.3	0.0	24.6	59.7	15.7	0.0
Valsequillo	79.9	17.5	2.6	0.0	54.3	39.6	6.1	0.0	50.3	43.3	6.4	0.0
Vega de San Mateo	69.3	27.7	3.0	0.0	38.2	50.3	11.6	0.0	32.5	55.8	11.7	0.0

Figure 5. Most dynamic and least changing municipalities for each level.
Key: 1, Agüimes (Level 1, most dynamic); 2, Tejeda (L1, least changing); 3, Agüimes (L2); 4, Valsequillo (L2); 5, Agüimes (L3); and 6, Valsequillo (L3). Black = no change; green = 1 change; yellow = 2 changes; red = 3 changes. Note: north and scale bar are the same for all the maps.



At island level some spatial patterns can be seen. Firstly, coast-countryside dichotomy is observed. While, for level 1, 2 and 3 changes dominate in the north-east of the island, with this being slightly more important in countryside areas, in the south-west of the island there is clear dominance of land cover changes in coastal areas and throughout the biggest ravines. Levels 2 and 3 are very similar again. In this scenario, practically all the island has experienced changes, with the central-west part and the south-east fringe large areas dominated by 2 changes. In terms of the aforementioned dichotomy, countryside areas are more dynamic than coastal ones.

Furthermore, for the same levels and focusing now on urban-natural areas, consolidated urban areas and an important part of protected natural areas (PNAs) are dominated by the 'no change' category. In this sense, the cases of part of the city of Las Palmas de Gran Canaria, and the PNA of Inagua forest, part of Tamadaba forest and Maspalomas dune field are very significant. It is also notable that there are large areas of PNAs with 1 or 2 changes. On the other hand, the most dynamic areas, those with 3 changes, are generally associated with urban areas and proximity to the coast, although they are not important in terms of extension.

At municipal level and with respect to Figure 5, spatial patterns can be explained in more detail. Regarding maps 5.1, 5.3 and 5.5, the municipality of Agüimes shows a certain uniformity in the number of changes throughout its territory at level 1 (5.1). However, levels 2 and 3 (5.3 and 5.5, respectively) show a dominance of '2 changes' in countryside areas, making them more dynamic than the coast. In the case of Tejeda (5.2), as a low changing municipality at level 1, its dynamism can be explained by the presence of PNA throughout its area. For its part, Valsequillo (5.4 and 5.6) concentrates almost all its dynamism in the center and east of the municipality.

4.1. Statistical correlations and analysis of trends

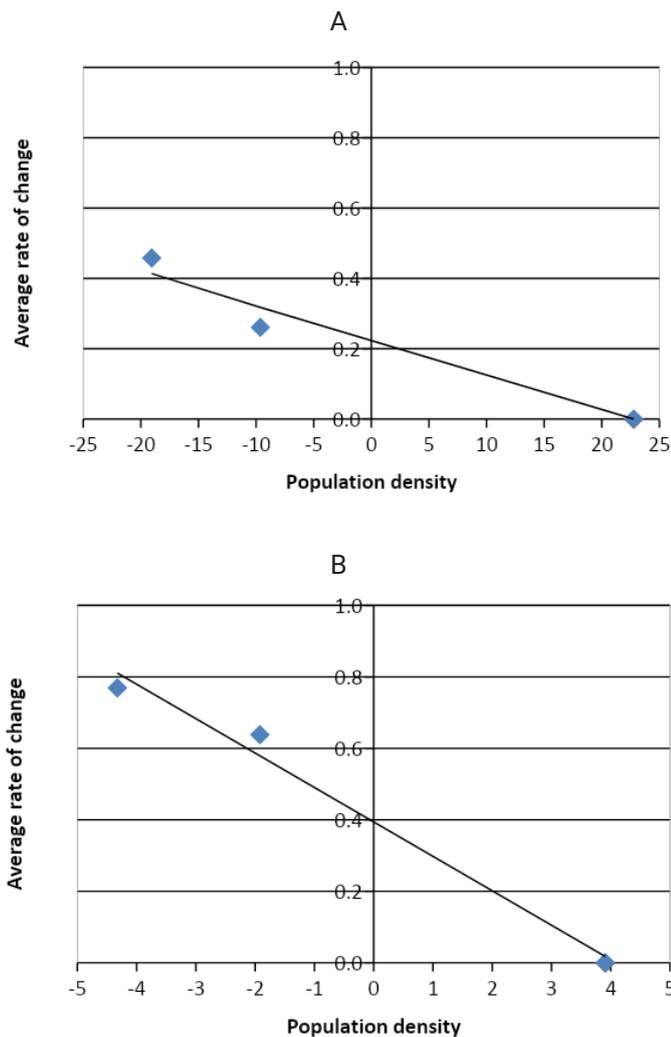
Correlations can serve as an indicator to complement the results of the spatial analysis performed. Furthermore, similarity of trends can support the results. Table 3 shows the correlations between ARC and population density (PD) gains/losses for all municipalities and levels. Shown in bold are the municipalities with $R^2 \geq 0,75$: Artenara (all levels), Ingenio (levels 2 and 3), Mogán (levels 2 and 3), Moya (all levels), Las Palmas de Gran Canaria (all levels), Tejeda (levels 2 and 3), Valleseco (level 1) and Vega de San Mateo (all levels). On average, top-5 municipalities that present the highest correlations are Las Palmas de Gran Canaria, Moya, Artenara, Tejeda and Vega de San Mateo. It is therefore concluded that all the aforementioned municipalities present coherence between the results of the spatial analysis and population density data.

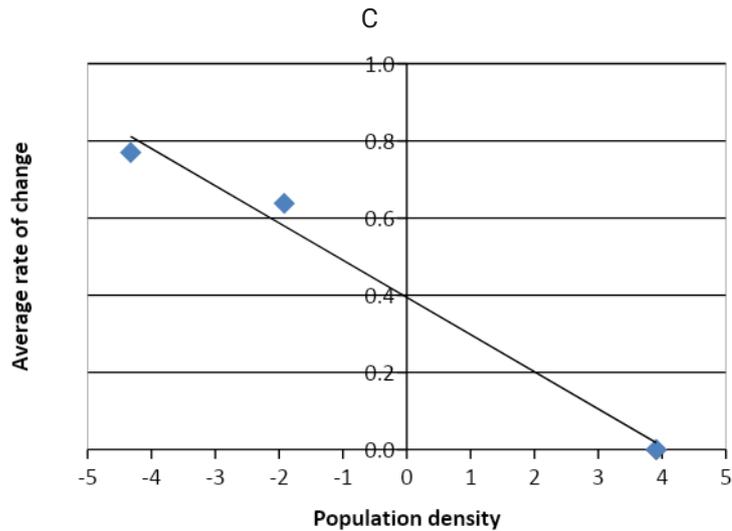
Table 3. Correlation between average rate of change (ARC) and population density (PD). $R^2 \geq 0.75$ in each field in bold.

Municipality	L1 R2	L2 R2	L3 R2	Mean
Agaete	0.09	0.10	0.08	0.09
Agüimes	0.64	0.12	0.14	0.30
Aldea de San Nicolás (La)	0.06	0.46	0.46	0.33
Artenara	0.86	0.88	0.91	0.88
Arucas	0.21	0.31	0.31	0.28
Firgas	0.12	0.06	0.05	0.08
Gáldar	0.54	0.52	0.51	0.52
Ingenio	0.62	0.76	0.82	0.73

Municipality	L1 R2	L2 R2	L3 R2	Mean
Mogán	0.52	0.75	0.75	0.67
Moya	0.95	0.89	0.88	0.90
Palmas de Gran Canaria (Las)	0.94	0.98	0.97	0.96
San Bartolomé de Tirajana	0.15	0.43	0.44	0.34
Santa Brígida	0.41	0.28	0.26	0.32
Santa Lucía	0.58	0.30	0.39	0.42
Santa María de Guía	0.40	0.24	0.24	0.29
Tejeda	0.53	0.98	0.98	0.83
Telde	0.07	0.25	0.24	0.19
Teror	0.03	0.11	0.11	0.08
Valleseco	0.80	0.69	0.70	0.73
Valsequillo	0.05	0.01	0.00	0.02
Vega de San Mateo	0.86	0.79	0.80	0.82

Figure 6. Average rate of change - Population density correlations. Municipalities with the highest fits in the three levels (A: Moya (L1; $R^2 = 0.9495$); B: Tejeda (L2; $R^2 = 0.9836$); C: Tejeda (L3; $R^2 = 0.9838$)). Note that Tejeda and Las Palmas de Gran Canaria have the same value in Table 3 - L2, but the latter is lower at a higher number of decimal points (i.e. 0.978).

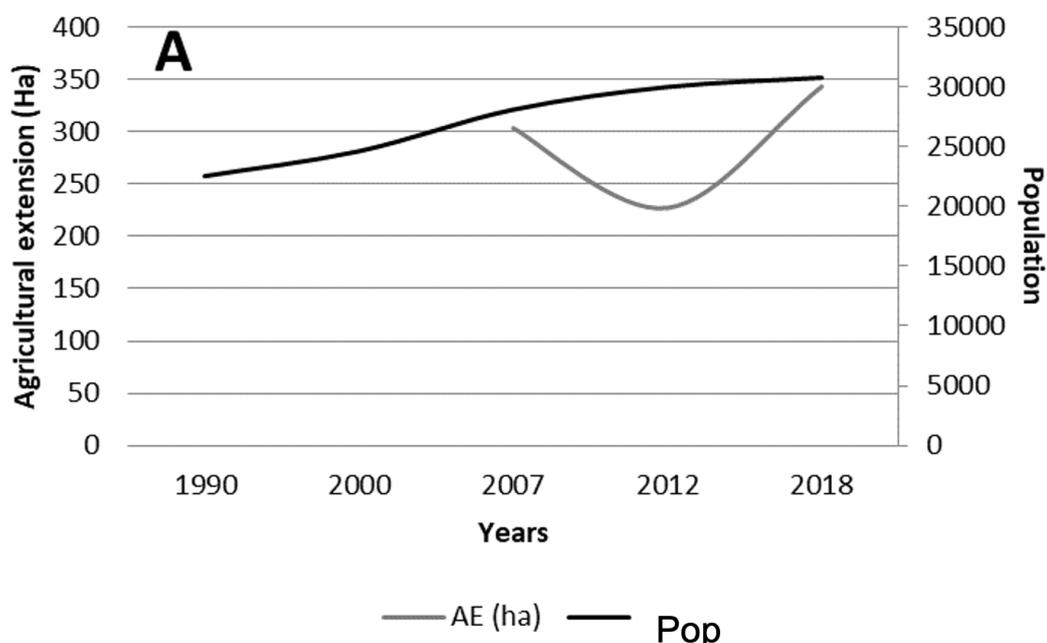


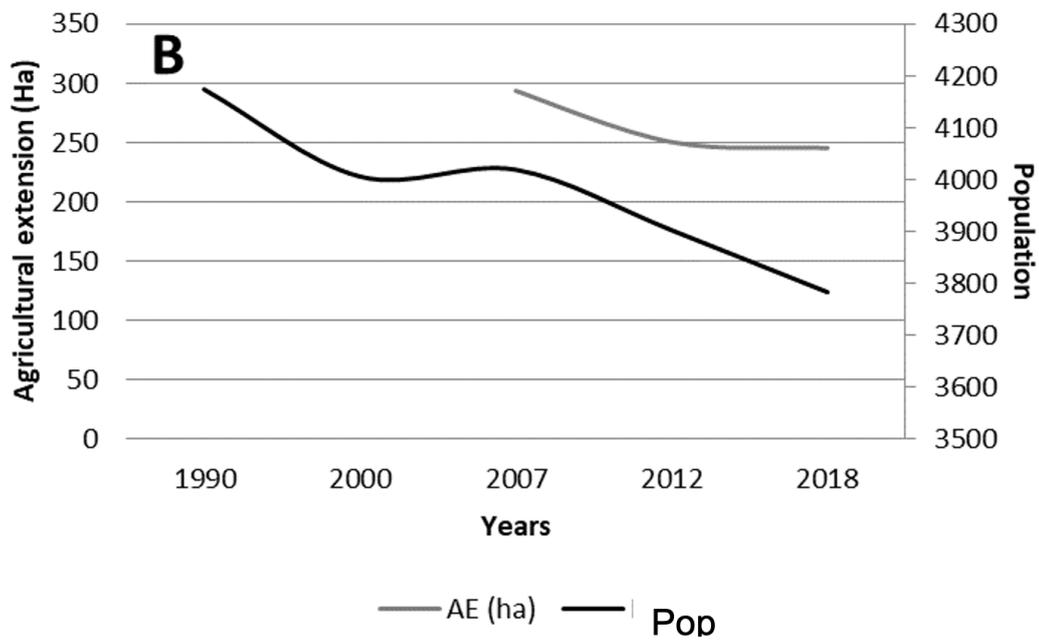


The three cases shown in Figure 6 show the strong relationship between ARC and PD. Thus, ARC decreases when PD increases. It would be logical to expect that the fewer people in the municipalities the less land changes, but in these cases there is an increase in the changes.

With respect to the agricultural extension (AE), a general pattern is observed in the 2007-2012-2018 period, with the values falling in 2012 and rising again in 2018 to similar levels to those of 2007. Agaete, Artenara, Valsequillo, Valleseco and Vega de San Mateo are the only municipalities that do not follow this pattern. Therefore, no specific relationship can be established between AE and the population data, due to the lack of similarity among the trends except in the most clear cases of Valleseco and Valsequillo. Additionally, Gáldar is the municipality with the largest agricultural extension and Artenara the lowest. Figure 7 shows two examples of the trends of AE and population data.

Figure 7. AE and population data trends. A: Ingenio (example showing the general pattern identified); and B: Valleseco (example not following the general pattern identified).



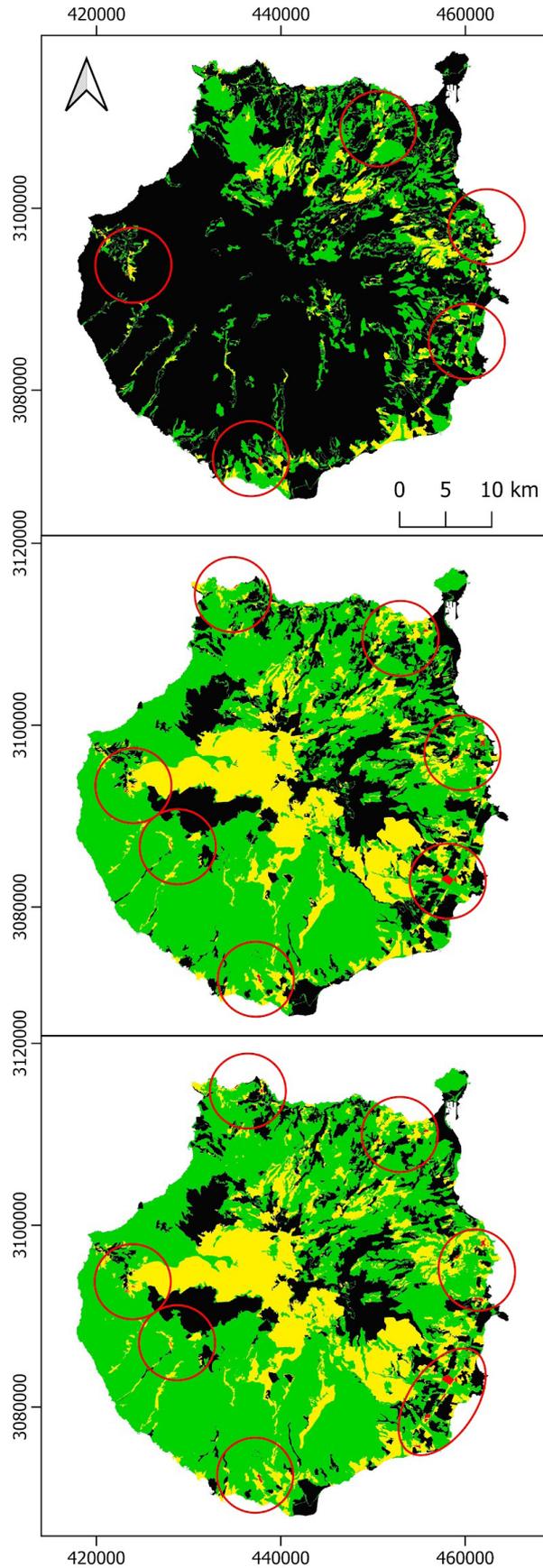


Given the general nature of the data (at island level), it is not possible to establish a relationship between the number of tourists and the ARC of each municipality. However, in a previous study by the same author a growth trend was observed (for the 1993-2018 period), with a particularly notable increase in the 2013-2016 period (increase of 1 017 669 tourists) (Santana-Cordero 2021). This influences above all the two southernmost municipalities (Mogán and San Bartolomé de Tirajana), where the main tourist resorts in the island have been established.

4.2. Land cover change 'hotspots'

Land cover change 'hotspots' (Fig. 8) indicate the most dynamic areas in terms of land cover change. As can be observed, almost all the 'hotspots' are located near the coast, except those located in the west of the island, which are slightly inland. Again, level 1 differs from 2 and 3, with the 'hotspots' more numerous in the latter two. In the countryside of the island there are no 'hotspots' due to the persistence guaranteed by PNAs and its mountainous character.

Figure 8. Land cover change 'hotspots' identified in the three CLC levels. Top: level 1; center: level 2; bottom: level 3.



5. Discussion

5.1. Land cover changes: exploring possible explicative factors

Some comments of interest can be made on the findings of the present study. Figure 6 shows an increase in land change as population density decreases. This may be related to land covers that do not imply residential use, or in other words people acting in these lands but not living in them. An alternative explanation could be related to an increase in the number of people owning a second residence (e.g. for vacation purposes) and acting in a municipality different to that of their main residence. This would mean that the people involved in the changes would not be registered as being resident in these municipalities.

Moreover, it should be noted that land abandonment can trigger changes in land covers, since an abandoned agricultural land would experience changes in the vegetation. Other transformations may be related to old abandoned/unused agricultural fields transformed into new industrial estates or big parks, which provoke land changes but not necessarily an increase of population, since workers or users can live in other areas. This last phenomenon has happened in the municipality of Agüimes and Las Palmas de Gran Canaria. Another case is the transformation of these old abandoned/unused lands into residential areas, as is the case of the coast of Telde.

On the other hand, the two patterns identified in the analysis of trends (Fig. 7) reveal relationship between the population data and agricultural extension, i.e. when the first grows the second also grows. Taking into account that the two municipalities shown in Figure 7 are mainly rural (Ingenio and Valleseco), it is expected that people living in them practice agriculture, whether for commercial purposes or for self-consumption. Again, second residences can play an important role in these contexts, above all as self-consumption mode. One particularity of these data is the fall that agriculture experienced in 2012 in almost all the municipalities of the island. Although the reasons behind this fall are beyond the scope of the present study, it constitutes an important event that surprisingly interrupts the trend of agricultural extension following that of population at municipality level.

Although it may be argued that this work only encompasses very recent landscape history (from 1990 to 2018), it nonetheless constitutes a diachronic study that focuses on the interaction between a society and its environment. In this line, there are an important number of studies that have contemplated changes and persistence in landscape dynamics, and the factors that trigger them (Bürgi et al., 2015, 2017; Lieskovský and Bürgi, 2018; Domon and Bouchard, 2007).

The major historical events in Europe, such as World War II and Soviet socialist policies, have undoubtedly influenced landscape development from the mid-XX century to current times (Malandra et al., 2019; Plieninger and Schaich, 2014; Biró et al., 2013). In the particular case of Spain, although technically neutral in World War II, the country suffered a civil war (1936-1939) and a dictatorship (1939-1975) which strongly influenced landscape development (Santana-Cordero et al., 2016; Cardesín, 2016). Subsequently, a democratic transition happened which has been an important influence on Spain (and of course Gran Canaria) for the study period adopted. This is shown in some findings of this study, such as the hotspots, identified as highly dynamic areas in terms of land cover change, and the increase in the number of tourists.

One event which directly affected the landscape changes considered in our study was the passing of Act 12/1987, dated 19 July, on the Declaration of Natural Areas in the Canary Islands, which

limited man-made changes to protected Nature Reserves. In this study, the persistence of some landscapes related to PNAs have been confirmed, above all those with the strongest protection (case of Inagua Nature Reserve). In addition, the economic crisis of 2008 also stopped man-made landscape changes, and can be considered a persistence-causing factor, and is likely linked to the fall registered in the AE of 2012.

Finally, the identification and mapping of land cover change 'hotspots' could aid the regional planners and the stakeholders in their task of managing the land, and to understand visible land changes for the period 1990-2018.

5.2. Methodological issues

Reed et al. (2020) state that methodological guidance is missing in integrated landscape studies. This claim is not new, since other authors have highlighted the need to provide more methodological contributions, both quantitative and qualitative (Bürgi and Russell, 2001), and unify methodologies in historic landscape studies (Szabó, 2015). This would lead to a better understanding of landscape dynamics and constitute a valuable tool for landscape management (Moombe et al., 2020).

The classification of land units, in pixels or polygons, according to the number of times their land cover has changed during a study period is a way to measure one aspect of landscape dynamism. It is useful, among other applications, for identifying land cover change 'hotspots', indicating where land functions as a really changing element.

Close and detailed observation of the methodological process has provided some interesting feedback in terms of advantages and drawbacks. On the one hand, the existence of three taxonomic levels in the CLC nomenclature, and the application of the method in all three, yields an enormous quantity of data for analysis. As for the levels, it should be noted that the more detailed the cartography and categories, the more changes the method detects. That justifies the use of pixels of 5 m, which also provides more detailed borders in the rasterization process. This is a clear conclusion and one of the reasons for the major differences seen between level 1, and levels 2 and 3 for the whole island in terms of changes (Table 1, Fig. 5). Furthermore, the quality and characteristics of the satellite imagery used to develop the CLC cartography, as well as the change in the methodology for obtaining them from 2006 onwards (García-Álvarez and Camacho-Olmedo, 2017, 2023), have greatly influenced the result. In this line, it would be logical to conclude that there have been important differences between the characteristics of the images of the 1990s and the 2010s that improve the CLC maps.

On the other hand, an important limitation of the method arises when we obtain results in three levels (three analyses with different results/maps). Which level/s should be taken into account? Since each level is based on different degrees of detail, the specific interest/s of the researcher may correspond to one (or more) level depending on the particular aims of the study in question. Another drawback is that CLC maps have been done for less detailed scales than used in this method. Furthermore, this method incorporates the possible mistakes that might exist in the source map. However, a more detailed scale does not impair the analysis of this study. Another constraint is in the statistical procedure, since the R^2 correlations shown in the figure 6 are supported only by 3 points, not being possible to add more because there is no more data.

The method presented here could be categorized as an object-based technique through GIS. This type of method has been tested and proven to be effective in the detection of land changes (Browning et al., 2011; Radoux et al., 2011), as was reported at a meeting held to ‘bring together practitioners in remote sensing, GIS and environmental science to identify best practice in the development and application of object-based landscape analysis techniques’ (Aplin and Smith, 2011). Moreover, the validity of CLC cartography is endorsed by quality works that have been published by researchers (e.g. Gerard et al., 2010). Additionally, other works have conducted studies on the quantification of historical landscape change, assessed in terms of accuracy (e.g. Bayr, 2021).

6. Conclusions

This work presents a way for the study of land cover dynamism based on official cartography and automated GIS-based processes. The method allows analyses of land change to be made systematically, ensuring objectivity in their determination. It also allows the detection of land cover change ‘hotspots’, information of potential interest for landscape management and regional planning. Furthermore, the findings of studies carried out with this method yield data that offer opportunities for the development of further works of their interpretation.

Results of this study help to understand how the land cover of Gran Canaria has changed during the period 1990-2018, particularly in relation to socioeconomic and political situations, as mentioned in the discussion. Moreover, the importance of the relationship of historical events can be seen in the dynamism of the studied land cover, supporting the argument that land is dynamic and its character is the result of many factors (e.g. human activities, economic and political events, and their interaction with the landscape).

This is the first time that a study of this type has been performed for Gran Canaria. It is intended to carry out further analysis and derive new results from all the data generated in this study in future investigations. This would allow for deeper analyses and the drawing of new conclusions that could be of application for regional planning and land management.

Bibliography

- Antrop, M. (1998). Landscape change: Plan or chaos?. *Landscape and Urban Planning*, 41, 155-161.
- Aplin, P., & Smith G.M. (2011). Introduction to object-based landscape analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, 25 (6), 869-875. doi: <https://doi.org/10.1080/13658816.2011.566570>
- Bayr, U. (2021). Quantifying historical landscape change with repeat photography: an accuracy assessment of geospatial data obtained through monoplottting. *International Journal of Geographical Information Science*, 35 (10), 2026-2046. doi: <https://doi.org/10.1080/13658816.2021.1871910>
- Biró, M., Czúcz, B., Horváth, F., Révész, A., Csátori, B., & Molnár, Z. (2013). Drivers of grassland loss in Hungary during the post-socialist transformation (1987–1999). *Landscape Ecology*, 28, 789–803. doi: <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9818-0>
- Browning, D.M., Laliberte, A.S., & Rango, A. (2011). Temporal dynamics of shrub proliferation: linking patches to landscapes. *International Journal of Geographical Information Science*, 25 (6), 913-930. doi: <https://doi.org/10.1080/13658816.2010.498789>
- Bürgi, M., & Russell, E.W.B. (2001). Integrative methods to study landscape changes. *Land Use Policy*, 18, 9-16.
- Bürgi, M., Salzmann, D., & Gimmi, U. (2015). 264 years of change and persistence in an agrarian landscape: a case study from the Swiss lowlands. *Landscape Ecology*, 30, 1321–1333. doi: <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0189-1>

- Bürgi, M., Bieling, C., von Hackwitz, K., Kizos, T., Lieskovský, J., García Martín, M., McCarthy, S., Müller, M., Palang, H., Plieninger, T., & Printsmann, A. (2017). Processes and driving forces in changing cultural landscapes across Europe. *Landscape Ecology*, 32, 2097-2112. doi: <https://doi.org/10.1007/s10980-017-0513-z>
- Cardesín, J.M. (2016). City, housing and welfare in Spain, from the Civil War to present times. *Urban History*, 43 (2), 285-305. doi: <https://doi.org/10.1017/S0963926815000437>
- Crumley, C.L. (1994). Historical ecology: a multidimensional ecological orientation. En C.L. Crumley (Ed.), *Historical ecology: cultural knowledge and changing landscapes* (pp.1-16). USA: School of American Research.
- Dimopoulos, T., & Kizos, T. (2020.) Mapping change in the agricultural landscape of Lemnos. *Landscape and Urban Planning*, 203, 103894. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103894>
- Domon, G., & Bouchard, A. (2007). The landscape history of Godmanchester (Quebec, Canada): two centuries of shifting relationships between anthropic and biophysical factors. *Landscape Ecology*, 22, 1201-1214. doi: <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9100-z>
- García-Álvarez, D., & Camacho-Olmedo, M.T. (2017). Changes in the methodology used in the production of the Spanish CORINE: Uncertainty analysis of the new maps. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 63, 55-67. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.07.001>
- García-Álvarez, D., & Camacho-Olmedo, M.T. (2023) Analysing the inconsistencies of CORINE status layers (CLC) and layers of changes (CHA) (1990-2018) for a Spanish case study. *Annals of GIS* (in press). doi: <https://doi.org/10.1080/19475683.2023.2166583>
- Gerard, F., Petit, S., Smith, G., Thomson, A., Brown, N., Manchester, S., Wadsworth, R., Bugar, G., Halada, L., Bezák, P., Boltziar, M., De badts, E., Halabuk, A., Mojses, M., Petrovic, F., Gregor, M., Hazeu, G., Múcher, C.A., Wachowicz, M., Huitu, H., Tuominen, S., Köhler, R., Olschofsky, K., Ziese, H., Kolar, J., Sustera, J., Luque, S., Pino, J., Pons, X., Roda, F., Roscher, M., & Feranec, J. (2010). Land cover change in Europe between 1950 and 2000 determined employing aerial photography. *Progress in Physical Geography*, 34 (2), 183-205. doi: <https://doi.org/10.1177/0309133309360141>
- Gustafson, E.J. (1998). Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art? *Ecosystems*, 1, 143-156.
- Instituto Geográfico Nacional [National Geographic Institute of Spain] (2021) Accessed: March 16th, 2021. Available at: <https://www.ign.es/web/ign/portal>.
- Istac [Statistics Institute of the Canary Islands] (2021) Accessed: March 23th, 2021. Available at: <http://www.gobiernodecanarias.org/istac/>.
- Lieskovský, J., & Bürgi, M. (2018). Persistence in cultural landscapes: a pan-European analysis. *Regional Environmental Change*, 18, 175-187. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1192-7>
- Malandra, F., Vitali, A., Urbinati, C., Weisberg, P.J., & Garbarino, M. (2019). Patterns and drivers of forest landscape change in the Apennines range, Italy. *Regional Environmental Change*, 19, 1973-1985. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01531-6>
- Moombe, K.B., Siangulube, F.S., Mwaanga, B.M., Mfuni, T.I., Yanou, M.P., Gumbo, D.J., Mwansa, R.C., & Juunza, G. (2020). Understanding landscape dynamics: a case study from Kalomo District. En J. Reed, M. Ros-Tonen & T. Sunderland (Eds.), *Operationalizing integrated landscape approaches in the tropics* (pp. 148-175). Bogor, Indonesia: CIFOR.
- Plieninger, T., & Schaich, H. (2014). Socialist and postsocialist land-use legacies determine farm woodland composition and structure: lessons from Eastern Germany. *European Journal of Forest Research*, 133, 597-610. doi: <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0788-4>
- Radoux, J., Bogaert, P., Fasbender, D., & Defourny, P. (2011). Thematic accuracy assessment of geographic object-based image classification. *International Journal of Geographical Information Science*, 25 (6), 895-911. doi: <https://doi.org/10.1080/13658816.2010.498378>
- Reed, J., Borah, J.R., Chervier, C., Langston, J., Moeliono, M., O'Connor, A., Yuliani, E.L., & Sunderland, T. (2020). A methods toolbox for integrated landscape approaches. En J. Reed, M. Ros-Tonen & T. Sunderland (Eds.), *Operationalizing integrated landscape approaches in the tropics* (pp. 89-111). Bogor, Indonesia: CIFOR.
- Rindfuss, R.R., Walsh, S.J., Turner II, B.L., Fox, J., & Mishra, V. (2004). Developing a science of land change: Challenges and methodological issues. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101 (39), 13976-13981. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0401545101>
- Ruiz Muñoz, D. (2004). *Manual de estadística*. Spain: Eumed.net.

- Santana-Cordero, A.M., Monteiro-Quintana, M.L., & Hernández-Calvento, L. (2016). Reconstruction of the land uses that led to the termination of an arid coastal dune system: The case of the Guanarteme dune system (Canary Islands, Spain), 1834–2012. *Land Use Policy*, 55, 73-85. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.02.021>
- Santana-Cordero, A.M., & Szabó, P. (2019). Exploring qualitative methods of historical ecology and their links with qualitative research. *International Journal of Qualitative Methods*, 18, 1-11. doi: <https://doi.org/10.1177/1609406919872112>
- Santana-Cordero, A.M. (2021). Human-derived environmental consequences for three sedimentary systems of the Canary Islands (Spain) – a study of changes and impacts: a synthesis. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 47, 435-455. doi: <https://doi.org/10.18172/cig.4932>
- Szabó, P. (2010). Why history matters in ecology: an interdisciplinary perspective. *Environmental Conservation*, 37 (4), 380-387. doi: <https://doi.org/10.1017/S0376892910000718>
- Szabó, P. (2015). Historical ecology: past, present and future. *Biological Reviews*, 90, 997-1014. doi: <https://doi.org/10.1111/brv.12141>
- Turner II, B.L., Lambin, E.F., & Reenberg, A. (2007). The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (52), 20666–20671. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0704119104>
- Turner, M. (1989). Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 20, 171-197.
- Turner, M. (1990). Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, 4 (1), 21-30.
- Watson, S.J., Luck, G.W., Spooner, P.G., & Watson, D.M. (2014). Land-use change: incorporating the frequency, sequence, time span, and magnitude of changes into ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12 (4), 241–249. doi: <https://doi.org/10.1890/130097>
- Wolpert, F., Quintas-Soriano, C., & Plieninger, T. (2020). Exploring land-use histories of tree-crop landscapes: a cross-site comparison in the Mediterranean Basin. *Sustainability Science*, 15, 1267–1283. doi: <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00806-w>

Financiación

No se ha contado con ninguna financiación para hacer este trabajo.

Conflicto de intereses

El autore de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

The Tourist Potential of Hunting Reserves in the Dehesas of Extremadura

El potencial del turismo cinegético en los cotos adehesados de Extremadura

LUZ-MARÍA MARTÍN-DELGADO¹  0000-0002-3894-8820

JUAN-IGNACIO RENGIFO-GALLEGO²  0000-0001-7892-3268

JOSÉ-MANUEL SÁNCHEZ-MARTÍN²  0000-0002-4711-3542

¹ Universidad de Valladolid, España.

² Universidad de Extremadura, España.

Abstract

Hunting is a widespread activity in Extremadura, affecting more than 80% of the total regional surface. This practice has become, at present, a major productive activity that generates wealth and employment in rural areas, characterized by population loss, aging and poor economic diversification. In the particular case of Extremadura, a large part of the hunting lands are located in the dehesa, a unique type of ecosystem in the world from which agricultural, livestock, forestry and hunting uses are obtained. In these areas, agrotourism is shown as a complement to agricultural income. In this sense, hunting is an agrotourism resource from which income is obtained. For this reason, this article has analysed the potential of dehesa areas for the development of hunting tourism through the application of geostatistics. This technique has made it possible to obtain very important results, among which are the following: to determine those areas with the greatest potential for the development of this type of tourism, to identify different groups with specific characteristics with respect to the predominance of game species, to represent the presence of tourist places and restaurants near the hunting reserves and, finally, to show the presence of tourist attractions in the study area.

Keywords: Hunting species; Dehesa; Hunting tourism; Sustainable development; Spatial statistics.

Fechas • Dates

Recibido: 2023.03.08
Aceptado: 2023.09.19
Publicado: 2024.02.23

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Luz-María Martín-Delgad
luz.martin.d@uva.es

Resumen

La caza es una actividad muy extendida en Extremadura, que afecta a más del 80% de la superficie total regional. Esta práctica se ha convertido, en la actualidad, en una importante actividad productiva generadora de riqueza y empleo en zonas rurales, caracterizadas por la pérdida de población, el envejecimiento y la escasa diversificación económica. En el caso particular de Extremadura, gran parte de los terrenos cinegéticos se encuentran en la dehesa, un tipo de ecosistema único en el mundo del que se obtienen aprovechamientos agrícolas, ganaderos, forestales y cinegéticos. En estas zonas, el agroturismo se muestra como un complemento a la renta agraria. En este sentido, la caza es un recurso agroturístico del que se obtienen rentas. Por este motivo, en este artículo se ha analizado el potencial de las zonas de dehesa para el desarrollo del turismo cinegético mediante la aplicación de la geoestadística. Esta técnica ha permitido obtener resultados muy importantes, entre los que destacan: determinar aquellas zonas con mayor potencial para el desarrollo de este tipo de turismo, identificar diferentes grupos con características específicas en cuanto al predominio de especies cinegéticas, representar la presencia de lugares turísticos y restaurantes próximos a los cotos de caza y, por último, mostrar la presencia de atracciones turísticas en el área de estudio.

Palabras clave: Especies de caza; Dehesa; Turismo cinegético; Desarrollo sostenible; Estadística espacial.

1. Introduction

Until recently, hunting has not been part of land use planning policies. Despite this, it is one of the main uses of natural resources in rural areas, along with agriculture, livestock and forestry (Neuman, y otros, 2022). Against this backdrop, hunting has become an economic resource that generates significant profits on a global scale. For this reason, the economics of hunting has been a subject addressed in different countries, a common element being the importance of the figures in developed countries such as the United States (U.S. Fish and Wildlife Service, 2016), France, Italy, Germany (Middleton, 2015), the United Kingdom (PACEC, 2014) and Spain (Andueza et al., 2018). In this sense, the global figure of 16,000 million euros of direct economic repercussion of hunting activity in Europe is increased by other benefits that are difficult to measure economically, such as cultural and heritage aspects, the promotion of tourism, volunteering for habitat and wildlife conservation and other activities that are difficult to value (Middleton, 2015). In Extremadura, the economic impact of hunting is estimated at 385 million euros (Gallardo et al., 2019). Therefore, hunting is seen as an activity that contributes to the development of rural areas (Lindsey, Roulet, & Romanach, 2007; Wall & Child, 2009; Matilainem, Keskinarkaus, & Törma, 2016), in a context of demographic regression and ageing, and to the conservation of game species, habitats and wildlife, provided that there is a sustainable management programme (Naidoo et al., 2016; Muphosi, Gandiwa, Bartels, & Makuza, 2016; Mbaiwa, 2018). This requires that the conservation of ecosystems and biodiversity is ensured and that net economic benefits are generated which in turn create relevant incentives (Wall & Child, 2009). The economic importance of hunting in Extremadura is determined by the high number of people who hunt. Statistics show that the number of hunting licences issued to residents in Extremadura in 2018/19 stood at 32,675 (Gallardo et al., 2020). To this number should be added a further 6,595 that were issued to hunters not resident in the region. A percentage of these hunters, especially those coming from outside the region, practice hunting tourism in Extremadura, which is considered one of the main hunting destinations in Spain (Andueza et al., 2018). The attractions of this autonomous community as a hunting destination are related to aspects as varied as a well preserved territory,

diversity of species, network of rural accommodation, good road accessibility, network of specialised hunting companies and unique hunting modalities.

In a global context, hunting tourism is a market segment that has experienced growth in recent decades (Rengifo, 2008) and is being researched at the level of countries and geographical areas such as Canada (Moghimehfar, Harwhaw, & Foote, 2017), Czech Republic (Kroupová, Naurátif, Picha, & Hasman, 2014), Finland (Matilainem, Keskinarkaus, & Törma, 2016), Romania (Oltean & Gabor, 2021), Turkey (Yayla, Yayla, & Günay Aktas, 2020), Spain (Rengifo-Gallego, 2009; Barceló, Seguí, & Rengifo, 2017); and Sub-Saharan Africa (Mamboleo, 2022).

The conception of hunting as an economic resource and generator of wealth has led to the introduction of measures for the management of its species and habitats, making it a very important mechanism for environmental conservation (Martínez-Garrido, Sánchez-Urrea, & Torija-Santos, 2010). This role played by hunting is recognised by numerous authors and research works (Rengifo, 2010; Heffelfinger, Geist & Wishart, 2013; Nelson, Lindsey, & Balme, 2013). Among the actions carried out by (Nelson, Lindsey, & Balme, 2013) hunters and game managers in terms of environmental management, the installation of drinking and feeding troughs, habitat improvement, population control, introduction of sanitary measures, selective control, etc. can be identified (Rengifo, 2010; Martín-Delgado, Rengifo-Gallego, & Sánchez-Martín, 2019).

A large part of these hunting grounds is located on pasture lands in Extremadura, which currently present certain problems in terms of their productive efficiency (De Muslera-Pardom & Cruz-Guzmán, 2011). In this scenario, these areas need the development of emerging activities that contribute to their economic diversification, since, due to their anthropic nature, the continuity of the rational use of their natural resources is essential to ensure their conservation over time (Leco-Berrocal, Pérez-Díaz, & Rodríguez-Mateos, 2008).

In this respect, the use of the hunting resource, with a view to promoting hunting tourism, could contribute to economic diversification, to complement agricultural income and maintain this type of cultural landscape. For this reason, and in the absence of research to determine the potential of the hunting grounds located in the dehesa habitat, the aim of this study is to delimit their distribution and analyse their hunting potential in Extremadura by applying spatial statistics.

2. Materials and Methods

2.1. Study area

Extremadura is an autonomous community geographically located in Spain and formed, at the same time, by two provinces: Cáceres and Badajoz. In Extremadura you can hunt in more than 3,300 hunting grounds covering more than 80% of its territory. This surface importance is also present on a national scale, as Spain is a country with a great hunting tradition. Therefore, if this high percentage is considered, it can be deduced that the hunting preserves in Extremadura are distributed over all types of landscape domains (Table 1), which in turn include 34 types and 314 landscape units (Mateos-Martín, 2015). Numerous habitats are distributed over these landscape domains, in which six big game species and more than 20 small game species are distributed. One of the most representative habitats is the dehesa, a singular and unique ecosystem in the south-west of the Iberian Peninsula, included in Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora with code 6.310 (Comunidades europeas, 1992). In

all of them, livestock farming is combined with agricultural, forestry and hunting uses, to which we should recently add those with an agritourism component (Sánchez-Martín, Blas-Morato, & Rengifo-Gallego, 2019).

Table 1. Landscape domains.

DOMAIN	AREA (km ²)
Plains and peneplains	17,099
Sedimentary basins and floodplains	10,492
Saws	8,191
Piedemontes	2,308
Mountains and their foothills	2,062
River banks and river valleys	1,507

Source: own elaboration based on Mateos-Martín (2015).

About hunting reserves in Extremadura, it should be noted that there are different typologies, as described in the current law 14/2010 (Boletín Oficial del Estado N°314, 2010), which can be grouped into two blocks according to their economic and social interest (Table 2):

- Private hunting preserves, where the main purpose is the exploitation of hunting resources for private or commercial purposes. Within these, a distinction is made between different subcategories (Lindsey, Roulet, & Romanach, 2007) according to the type of exploitation, together with other aspects. Thus, current legislation recognises the existence of extensive small game reserves, those where the presence of small game species is predominant; small game plus wild boar, where wild boar may be hunted in addition to small game species; intensive small game reserves, defined as those where a greater number of hunting days are spent. Finally, big game reserves can be distinguished as extensive or intensive, depending on how they are exploited; and open or closed, the latter being considered as those where more than 50% of the surface area has some kind of enclosure that prevents big game species from leaving;
- Social hunting grounds, managed by hunting associations whose main purpose is to facilitate access to hunting for all members on a nonprofit basis.

Table 2. Typologies of hunting grounds.

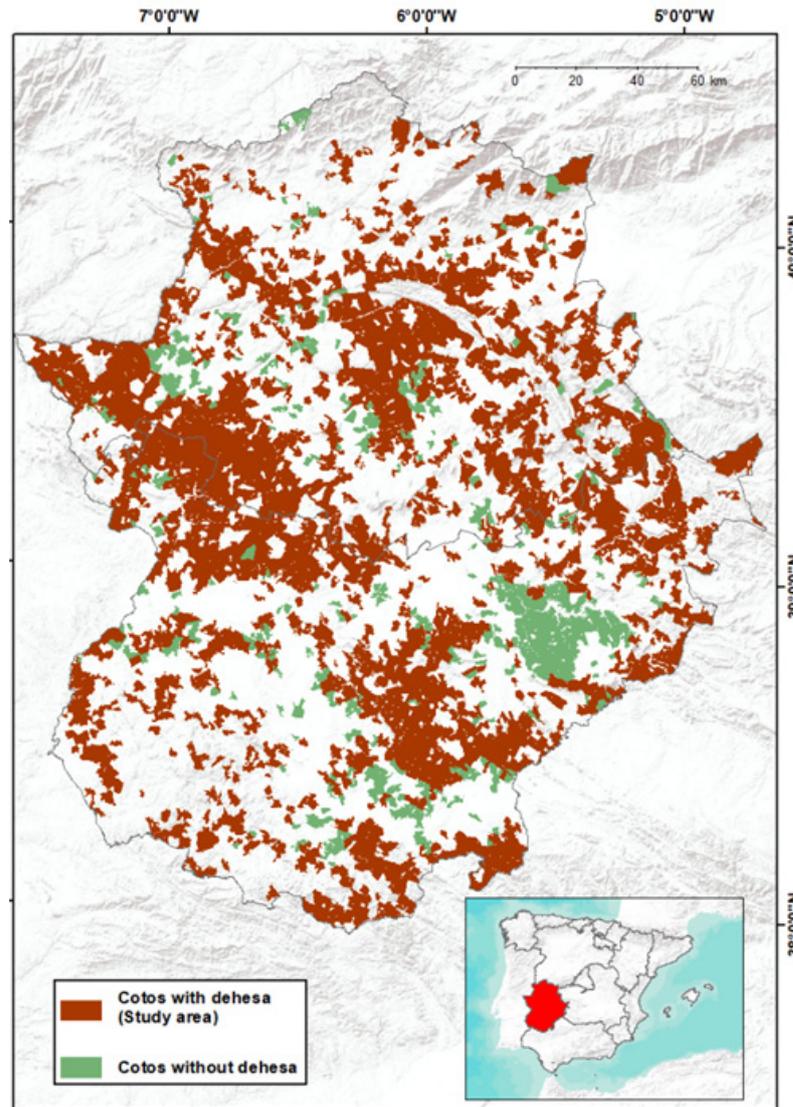
CATEGORY	SUBCATEGORY	SURFACE AREA (HA)	%
Social Hunting Preserves		1,681,470	50.10
Private Hunting Preserves	Minor Extensive	577,282	16.78
	Intensive Minor	334,515	9.72
	Minor plus wild boar	100,494	2.93
	Open major	531,895	15.46
	Higher open more intensive of lower	31,428	0.91
	Major closed	167,728	4.87
	Higher closed more intensive of lower	7,689	0.23
	Total private reserves	1,751,031	50.90

Source: (Federación Extremeña de Caza, 2021)

The percentage of surface area covered by each of the two blocks of hunting reserves is very similar (49.10% and 50.90%), hence, in private reserves, an important economic activity is generated that has repercussions on the rural environment, because of the hunters' expenditure.

In relation to this article, the territorial framework of reference is that comprised by the private hunting reserves located within the dehesa areas. These reserves are characterised by the quality of the natural environment, as the dehesa is a unique ecosystem that has been created by man through interventions on the Mediterranean forest with the aim of obtaining agricultural, livestock, timber and hunting uses (Figure 1).

Figure 1. Distribution of dehesa areas and private hunting reserves.



Source: Dehesa (SITEX, 2017); Cotos (SITEX, 2020).

These environmental attributes are a competitive advantage for hunting reserves located in dehesas, from the point of view of demand, especially among nonresident hunters in Extremadura. The data reflected in the Table 3 above are indicative of the extensive territorial framework under study, as shown in Figure 1. The figures also show that the number of hectares occupied by private big game and small game preserves is very similar (47.2% and 52.8%).

Table 3. Data on the geographic area under study.

TYPE OF PRESERVE	PROVINCE	Number of hunting preserve in dehesa located	Surface área (ha)
Private Big Game Hunting	Cáceres	503	457,302
	Badajoz	301	263,023
Private Small Game Hunting Preserves	Cáceres	578	331,615
	Badajoz	809	473,301
Total		2,191	1,525,241

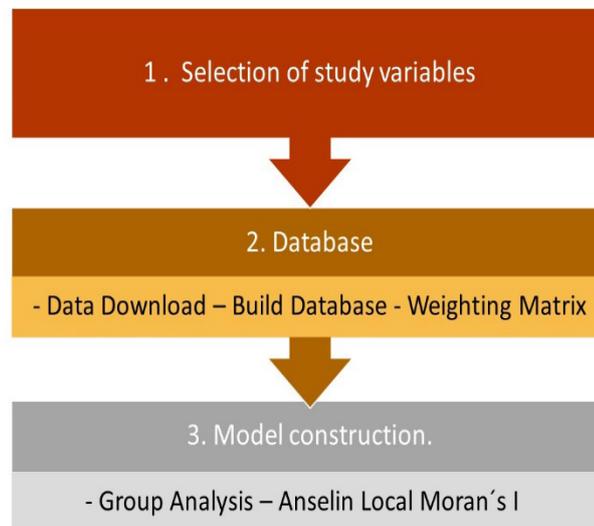
Source: prepared by authors.

2.2. Methodological process.

The methodological process carried out in this research has the following outline:

- Selection of study variables.
- Construction of the database and weighting matrix.
- Application of spatial statistical techniques, specifically, cluster analysis and Moran's I hot spot analysis to delimit those areas with potential for the development of hunting tourism. Likewise, Geographic Information Systems were used for the construction of the thematic cartography that allowed to know the disposition.

Figure 2. Methodological process.



Source: Prepared by authors.

2.2.1. Selection of study variables, construction of the database and weighting matrix.

The unit of analysis taken as a reference for the development of this research has been the private hunting reserve located in dehesa, in order to determine the potential of these spaces for the development of hunting tourism. For this, the presence of game species is fundamental, as they are the main resource for the development of hunting tourism. For this reason, game species are one of the main variables to be studied. Consultation of the specific bibliography on hunting has made it possible to determine the following as the main species of interest for hunting tourists

in Extremadura (Álvarez, Coca, & Hernández, 2007; Rengifo-Gallego, 2009): *Capra pyrenaica*, *Capreolus capreolus*, *Dama dama*, *Cervus elaphus*, *Sus scrofa* and *Alectoris rufa*. At the same time, these species have different economic values, as described in the current legislation. Thus, in order to delimit those areas with a higher aggregate of species with high economic values, a weighting matrix has been carried out. In this way, a range of values from 0 to 4 was established, which are assigned in Table 4, according to the economic valuations indicated for each species in the ORDEN of 27 March 2020 General de Vedas de Caza for the 2020/2021 season (Official Document of Extremadura (DOE) N°63).

Table 4. Weighting of hunting species according to economic value.

SPECIES	ECONOMIC VALUE		WEIGHTING
<i>Capra pyrenaica</i> (Mountain goat)	Male	20,483.92€	4
	Female	924.36€	
<i>Capreolus capreolus</i> (Roe deer)	Male	3,413.99€	3
	Female	924.36€	
<i>Dama dama</i> (Fallowdeer)	Male	3,413.99€	3
	Vareto	554.62€	
	Female	198.59€	
<i>Cervus Elaphus</i> (Deer)	Male	3,413.99€	3
	Vareto	554.62€	
	Female	198.59€	
<i>Sus Scrofa</i> (Wild boar)	1,022.96€		2
<i>Alectoris rufa</i> (Red partridge)	67.79€		1
Does not contain significant species			0

Source: prepared by the authors based on data extracted from the closed season order (Documento Oficial de Extremadura (DOE) N°63).

On the other hand, taking into account that the species are distributed irregularly throughout the territory because each of them inhabits areas with different physical characteristics depending on the availability of food, climate, altitude, etc., it is decided delimit the most representative land covers in the study area, using as surface criteria those that cover more than 100,000 ha and thus be able to determine which are the predominant land covers in the territories in which each of these species inhabits. Following this reasoning, the land covers used for the analysis were rainfed crops, irrigated areas, areas with sclerophyllous vegetation, hardwood forests, natural pastures, and agroforestry systems. Variables related to altitude and hydrography were also introduced.

On the other hand, for hunting tourism to be carried out in rural areas, these must have a series of basic infrastructures. For this reason, lodging and restaurants located at an optimum distance that allows transport from these infrastructures to the hunting area were added as study variables. Specifically, those located within the hunting area itself and those located at distances of 5, 10 and 15 kilometers were selected. In addition, due to the interest of hunting tourists in activities other than hunting during their trips (Martín-Delgado, Rengifo-Gallego, & Sánchez-Martín, 2019), it was decided to determine which of these areas also have the following tourist attractions: Sites of Cultural Interest (including historic sites) and protected areas. All these variables were integrated into a database that has been the main source of this research.

These study variables were extracted from different sources of information described in Table 5.

Table 5. Sources of information used.

SOURCE	DATA	DATE
Directorate General of Tourism (Regional Government of Extremadura)	Lodging (Junta de Extremadura (Dirección General de Turismo))	2021
	Restaurants (Junta de Extremadura (Dirección General de Turismo))	2021
Territorial Information System of Extremadura (Regional Government of Extremadura)	Hunting preserves	2020
	Dehesa	2020
	Historic Sites	2019
Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio (Orden de Vedas, 2021)	Economic value of game species	2020
Regional Government of Extremadura	Assets of Cultural Interest (Junta de Extremadura)	2019
National Geographic Institute	Digital Terrain Model	2020
	Hydrographic network	2020
	Corine LandCover	2018
Minister of Ecological Transition and Demographic Challenge	Nature Data Bank (Ministerio de Transición Ecológica y)	2016
	Network of Protected Natural Spaces (Demográfico)	2021

Source: prepared by authors.

2.2.2. Study techniques.

The main technique used was spatial statistics, specifically, the use of cluster analysis and hot spot analysis tools (Anselin Local Moran's I). In the first case, the use of this tool allows the grouping of areas that present similar values of the different study variables (Deng, Liu, Cheng, & Shi, 2011; Zhu, Yang, Di, Zheng, & Zhang, 2020) and that, at the same time, are different from the rest of the study area. Although this technique provides different types of analysis, with or without spatial restriction, in this case it was decided to use spatial restriction because the distribution of the different game species is undoubtedly territorial in nature. Specifically, the Delaunay Triangulation option was selected, which consists of the grouping of different entities, in this case, polygonal that present similar values within the study area and that differentiate them from the rest of the groups (ESRI, 2021). This technique has been used in other studies aimed at detecting spatial groups with specific characteristics (French, 2020; Shen, 2021). The results obtained after the application of this tool make it possible to obtain an optimal number of differentiated groups in the study area that present similar characteristics. This optimal number of groups was obtained after calculating the F-Statistics Index using the following formula:

$$R^2 = ((SST-SSE))/SST$$

In this equation, SST represents the total sum of the observed squares of the variables analysed and determines the differences between groups; and SSE is the sum of the explanatory squares identifying the areas with similar values.

On the other hand, given the economic value that game species have acquired nowadays, it was decided to analyze whether there is spatial autocorrelation in the presence of game species with higher economic value. Thus, the following situations may occur:

- Positive spatial autocorrelation: there is a grouping of areas with similar characteristics with respect to a study variable.

- Negative spatial autocorrelation: occurs when geographically close regions have different characteristics on a variable.
- No spatial autocorrelation: this case is generated when the data are randomly distributed over the territory.

To measure spatial autocorrelation there are different global and local indicators, using in this study Moran's I Index (global) and Anselin's cluster and outlier analysis (LISA), taking the inverse distance as the neighborhood criterion, since this allows determining those areas that are closest to each other and contain similar values.

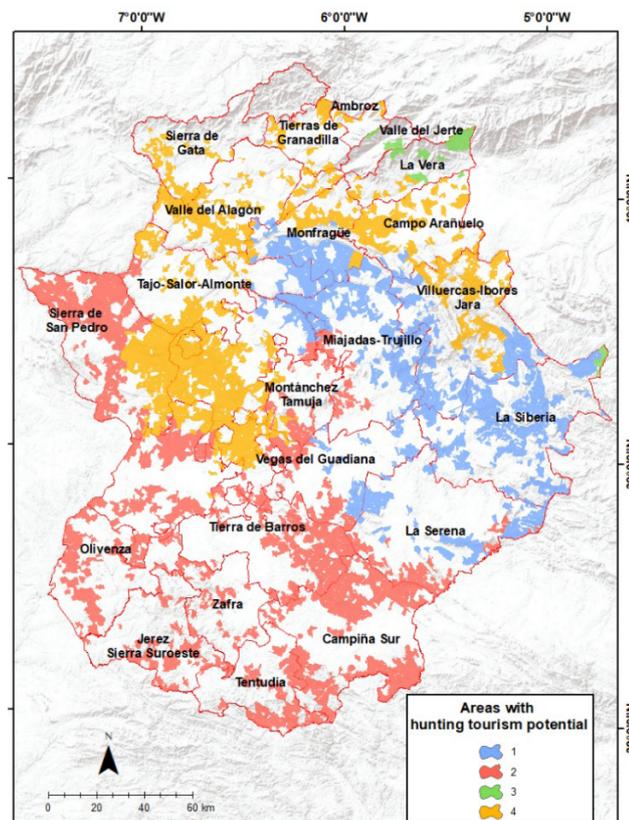
3. Results

3.1. Group analysis: Delaunay triangulation

The application of the group analysis technique has made it possible to obtain a series of hunting grounds with different characteristics in terms of the arrangement of game species, as well as the physical characteristics of the land in which they are located. Specifically, the application of the F-Statistics Index has made it possible to detect four groups in the study area that present similar values at different points in the area. Thus, some of these areas have the presence of all the species analysed, while in others, the predominance of a single species has been detected.

Figure 3 shows the geographic location of each of these areas defined as areas with potential for the development of hunting tourism, since every one of them has species considered of interest to hunting tourists.

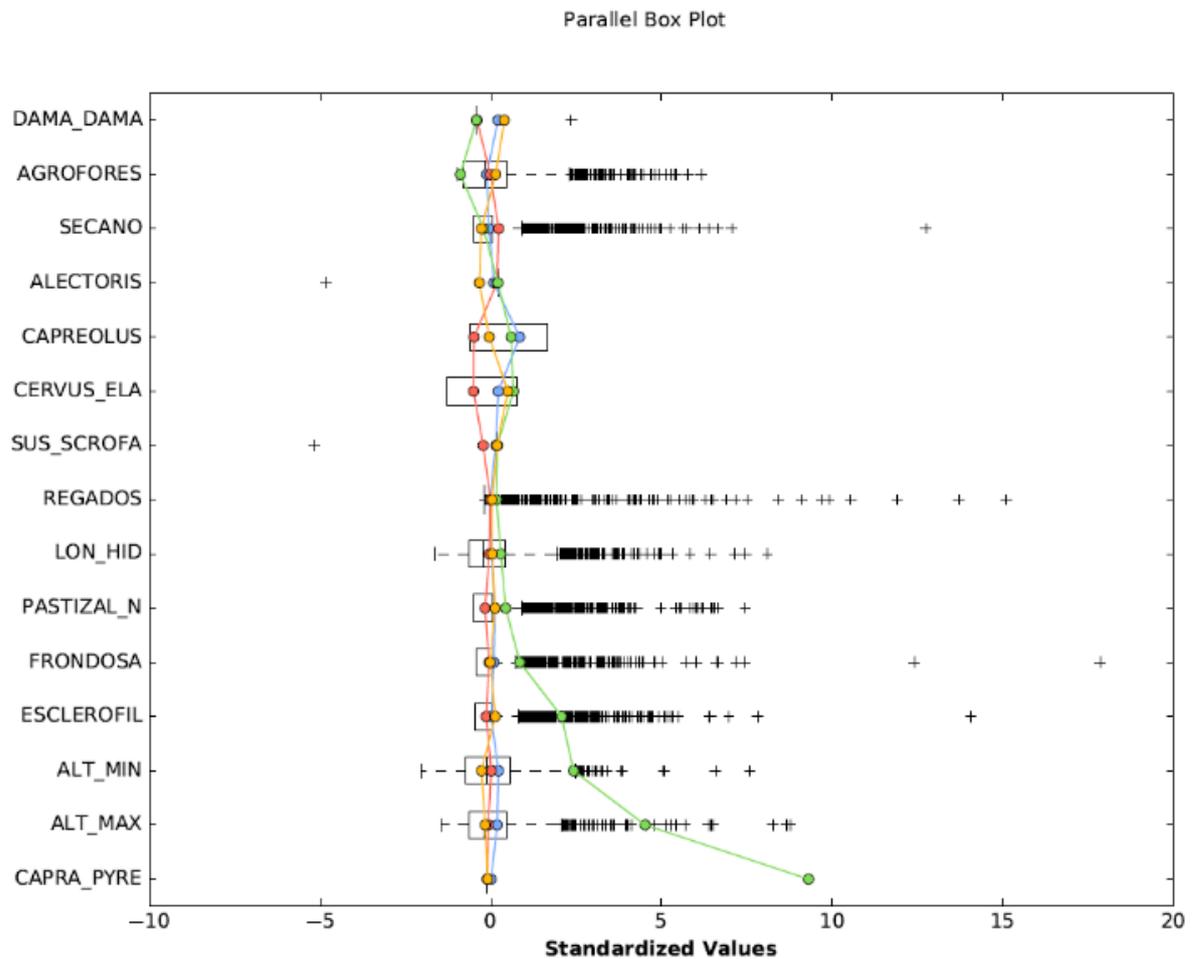
Figure 3. Grouped Zones.



Source: prepared by authors.

The box plot shows the trend of the standard deviation of each study variable in the groups detected (Figure 4). It can be seen how, in general, these variables have similar values in the different groups, except for the one represented in green, and which refers to Group 3 in the cartography. This situation is due to the physical characteristics of the grassland hunting reserves in Group 3. These data demonstrate the notable spatial connotations of the variables analysed.

Figure 4. Box plot of standard deviations of study variables.



Source: prepared by authors.

Table 6 shows the notable differences observed with respect to the incidence of each of the species analysed, as well as the total number of hunting grounds in the different groups. Among the main results, the high incidence of practically all the species analysed in groups 1, 3 and 4 stands out. This situation does not occur in the case of Group 2, where only three species appear, with the presence of deer being very low (37.5%). Despite this, the representativeness of each of these species is different in each of the groups detected. Therefore, it is necessary to know their characteristics.

Table 6. Incidence of each species in the reserves that make up the groups.

GROUP	SPECIES	NUMBER OF PRESERVES	% COUNTS
1	<i>Capra pyrenaica</i> (Mountain goat)	7	1.2
	<i>Capreolus capreolus</i> (Roe deer)	364	64.0
	<i>Dama dama</i> (Fallowdeer)	130	22.9
	<i>Cervus elaphus</i> (Deer)	413	72.7
	<i>Sus scrofa</i> (Wild boar)	563	99.1
	<i>Alectoris rufa</i> (Red partridge)	555	97.7
	Total	568	
2	<i>Capra pyrenaica</i> (Mountain goat)	0	0.0
	<i>Capreolus capreolus</i> (Roe deer)	46	4.9
	<i>Dama dama</i> (Fallowdeer)	7	0.7
	<i>Cervus elaphus</i> (Deer)	351	37.5
	<i>Sus scrofa</i> (Wild boar)	863	92.2
	<i>Alectoris rufa</i> (Red partridge)	931	99.5
	Total	936	
3	<i>Capra pyrenaica</i> (Mountain goat)	17	100.0
	<i>Capreolus capreolus</i> (Roe deer)	9	52.9
	<i>Dama dama</i> (Fallowdeer)	0	0.0
	<i>Cervus elaphus</i> (Deer)	16	94.1
	<i>Sus scrofa</i> (Wild boar)	17	100.0
	<i>Alectoris rufa</i> (Red partridge)	17	100.0
	Total	17	
4	<i>Capra pyrenaica</i> (Mountain goat)	1	0.1
	<i>Capreolus capreolus</i> (Roe deer)	165	24.6
	<i>Dama dama</i> (Fallowdeer)	198	29.5
	<i>Cervus elaphus</i> (Deer)	579	86.4
	<i>Sus scrofa</i> (Wild boar)	669	99.9
	<i>Alectoris rufa</i> (Red partridge)	598	89.3
	Total	670	

Source: prepared by authors.

3.1.1. Group 1.

This group is made up of a total of 568 preserves, representing 26.8% of the study sample. One of the main characteristics that determine its existence is the presence of all the hunting species analysed, although in some cases this is scarce. This situation is observed in the *Capra pyrenaica* (0.01) and the *Dama dama* (0.23), while the rest of the species are represented in more than 60% of the reserves that make up this group. On the other hand, with respect to the physical characteristics of the predominant habitats, the following can be determined:

- High differences between the minimum altitude (213 m) and the maximum altitude (1122 m).
- Predominance of the agroforestry system, with an average value of 262 hectares. This scenario is logical when considering that the reserves analysed are located in pasture areas where the combination of agroforestry activities prevails.
- The remaining uses are of lesser importance, the most representative being natural pastures, sclerophyllous vegetation, hardwood forests, as well as rainfed crop.

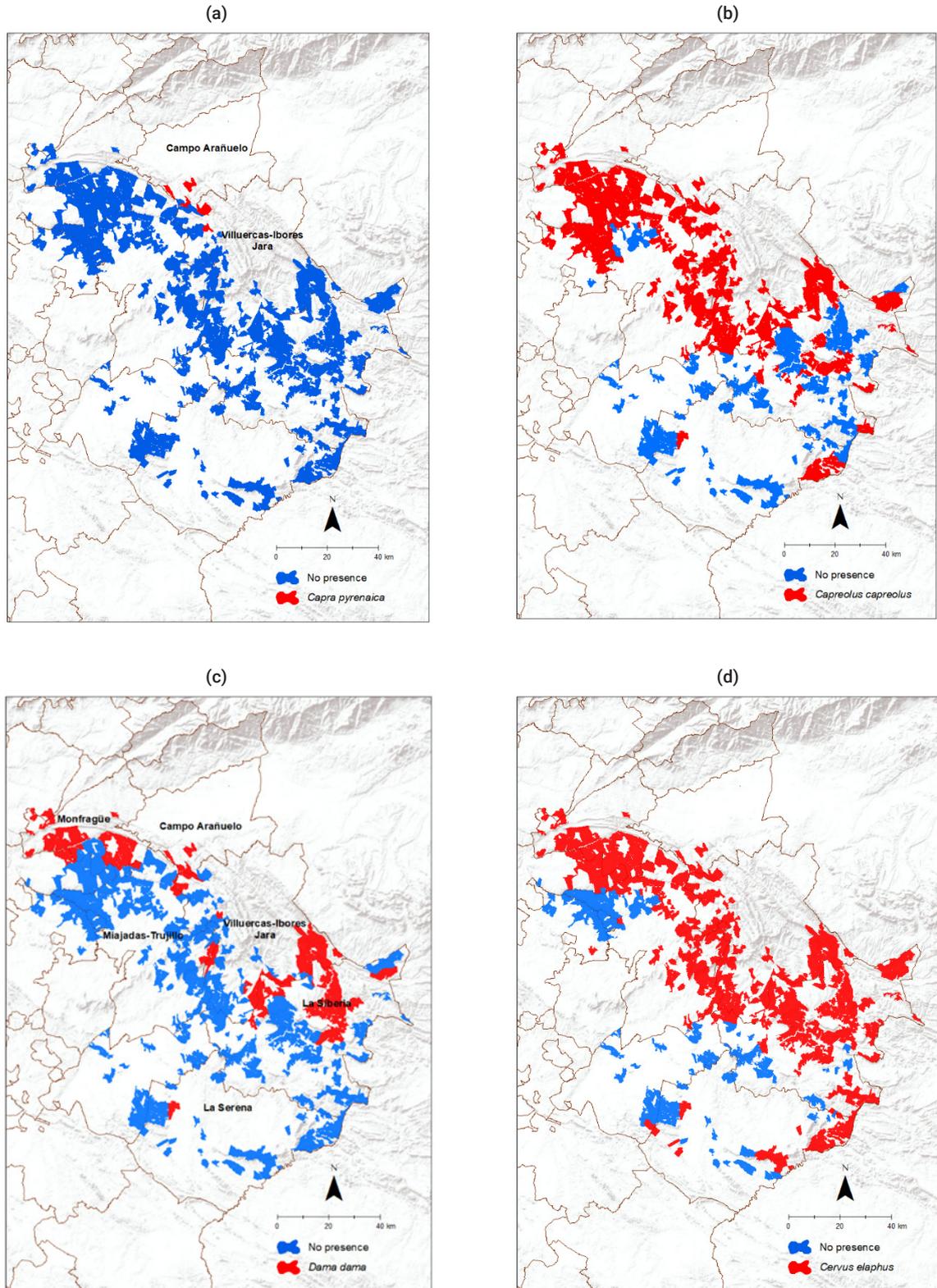
Table 7. Results obtained Group 1.

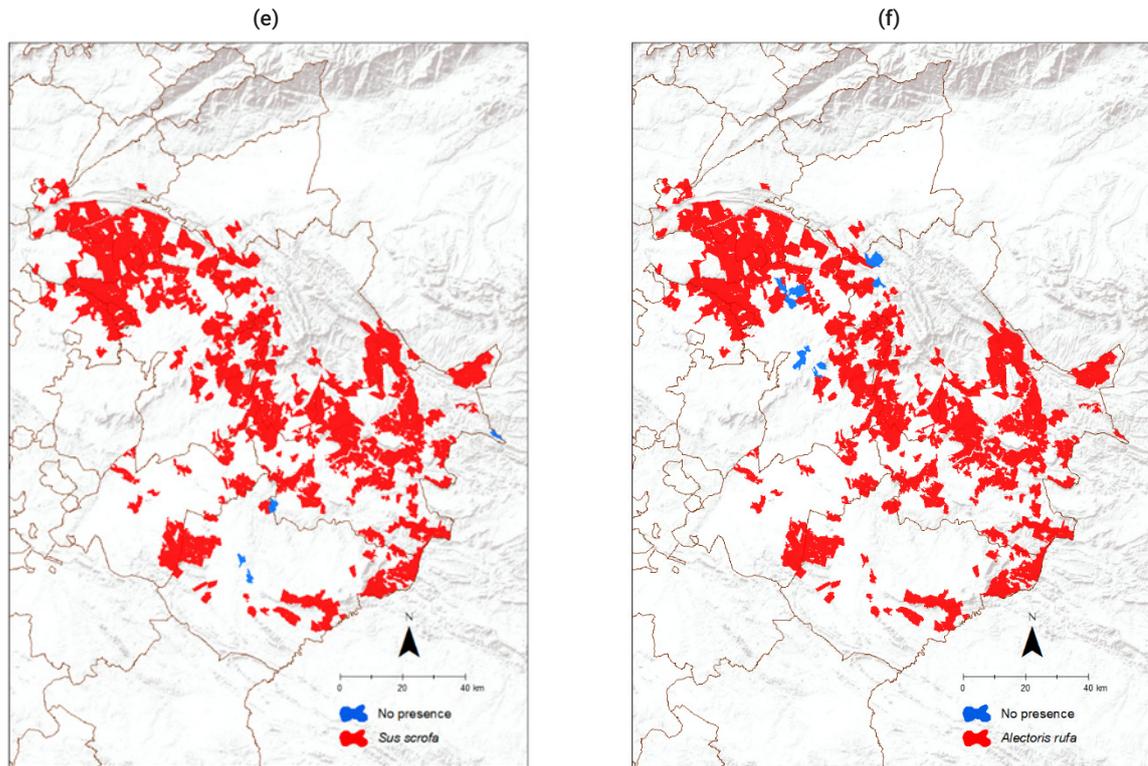
VARIABLE	MEAN	STANDARD DESVIATION	MIN.	MAX.	SHARE
<i>Capra pyrenaica</i> (Mountain goat)	0.01	0.11	0.00	1.00	1.00
<i>Capreolus capreolus</i> (Roe deer)	0.64	0.48	0.00	1.00	1.00
<i>Dama dama</i> (Fallowdeer)	0.23	0.42	0.00	1.00	1.00
<i>Cervus elaphus</i> (Deer)	0.72	0.44	0.00	1.00	1.00
<i>Sus scrofa</i> (Wild boar)	0.99	0.09	0.00	1.00	1.00
<i>Alectoris rufa</i> (Red partridge)	0.97	0.15	0.00	1.00	1.00
Maximum altitude	528.25	165.34	248.71	1,122.16	0.40
Minimum altitude	368.98	93.92	213.78	725.93	0.47
Hydrographic length	17,168.63	11,169.83	0.00	101,102.92	1.00
Agroforestry system	262.59	265.07	0.00	1,914.00	0.89
Natural pastures	80.03	53.30	0.00	1,001.00	1.00
Sclerophyllous	76.48	179.75	0.00	2,259.00	1.00
Hardwoodforest	68.53	127.11	0.00	983.00	0.41
Rainfedcrops	57.61	116.97	0.00	783.00	0.46
Irrigatedland	10.20	50.44	0.00	604.00	0.60

Source: prepared by authors.

After this analysis, it has been possible to appreciate the scarce presence in this group of some of the hunting species taken as a reference in this study. Given this scenario, it is interesting to determine the geographic distribution of each one of them (Figure 5). Among the results obtained, the presence of the *Capra pyrenaica* in this territory is striking, considering that its traditional habitat is characterized by the presence of high altitudes (1,200-2,500 m) (Granados, 2001). However, this is very reduced, and it can be observed how its distribution is in nearby geographic areas. These reserves are in small redoubts in the Villuercas-Ibores-Jara region, as well as in the Campo Arañuelo area. According to information provided by the Extremadura Hunting Federation (Federación Extremeña de Caza, 2017) this situation may be due to the introduction of this species in several preserves in the Campo Arañuelo region during 2017, according to data collected in the different technical hunting plans. This scenario may have led to its current expansion into nearby territories. In the case of the *Dama dama*, the second least representative species of this group, it only appears in 23% of the preserves that comprise it. However, unlike the *Capra pyrenaica*, this species is distributed in practically all the regions that make up this group, with a notable presence in the Monfragüe, Siberia and Villuercas-Ibores-Jara areas. The rest of the species studied are widely distributed throughout all the dehesa that appear in Group 1.

Figure 5. Geographical distribution of *Capra pyrenaica* (a), *Capreolus capreolus* (b), *Dama dama* (c), *Cervus elaphus* (d), *Sus scrofa* (e) and *Alectoris rufa* (f) in Group 1.





Source: prepared by authors.

3.1.2. Group 2.

Group 2 is made up of a total of 936 preserves, representing 44.2% of the land comprising the study sample. Despite covering a greater number of reserves than Group 1, in this case the variability of hunting species of interest located in this territory is reduced, where only the *Sus scrofa* and the *Alectoris rufa* are widely distributed. The rest of the species have a testimonial character, with the *Cervus elaphus* being the most important (37%). On the other hand, the results obtained show the nonexistence of *Capra pyrenaica* due to the physical characteristics of the terrain, which make its presence difficult. In this sense, the average altitudes of these terrains are between 345 and 475 meters. The most representative land cover is the agroforestry system (294 hectares), which is logical, as was the case in Group 1, because all the reserves studied are integrated into pasture landscapes. On the other hand, the incidence of rainfed crops in this territory is noteworthy.

Table 8. Results obtained in Group 2.

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEVIATION	MIN.	MAX.	SHARE
<i>Capra pyrenaica</i> (Mountain goat)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Capreolus capreolus</i> (Roe deer)	0.05	0.21	0.00	1.00	1.00
<i>Dama dama</i> (Fallowdeer)	0.01	0.08	0.00	1.00	1.00
<i>Cervus elaphus</i> (Deer)	0.37	0.48	0.00	1.00	1.00
<i>Sus scrofa</i> (Wild boar)	0.92	0.27	0.00	1.00	1.00
<i>Alectoris rufa</i> (Red partridge)	0.99	0.07	0.00	1.00	1.00
Maximum altitude	475.52	162.29	193.49	1,068.37	0.44

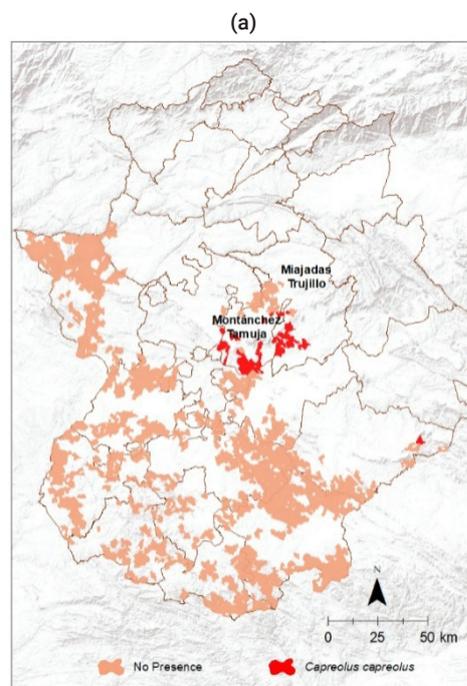
VARIABLE	MEAN	STANDARD DEVIATION	MIN.	MAX.	SHARE
Minimum altitude	345.73	121.67	115.61	692.09	0.53
Hydrographic length	16,579.91	9,636.79	0.00	94,431.39	0.93
Agroforestry system	294.14	305.07	0.00	2,032.00	0.95
Natural pastures	43.67	93.13	0.00	875.00	0.87
Sclerophyllous	53.48	114.50	0.00	1,075.00	0.47
Hardwoodforest	50.58	135.65	0.00	2,359.00	1.00
Rainfedcrops	92.97	147.44	0.00	1,687.00	1.00
Irrigatedland	12.03	64.57	0.00	903.00	0.91

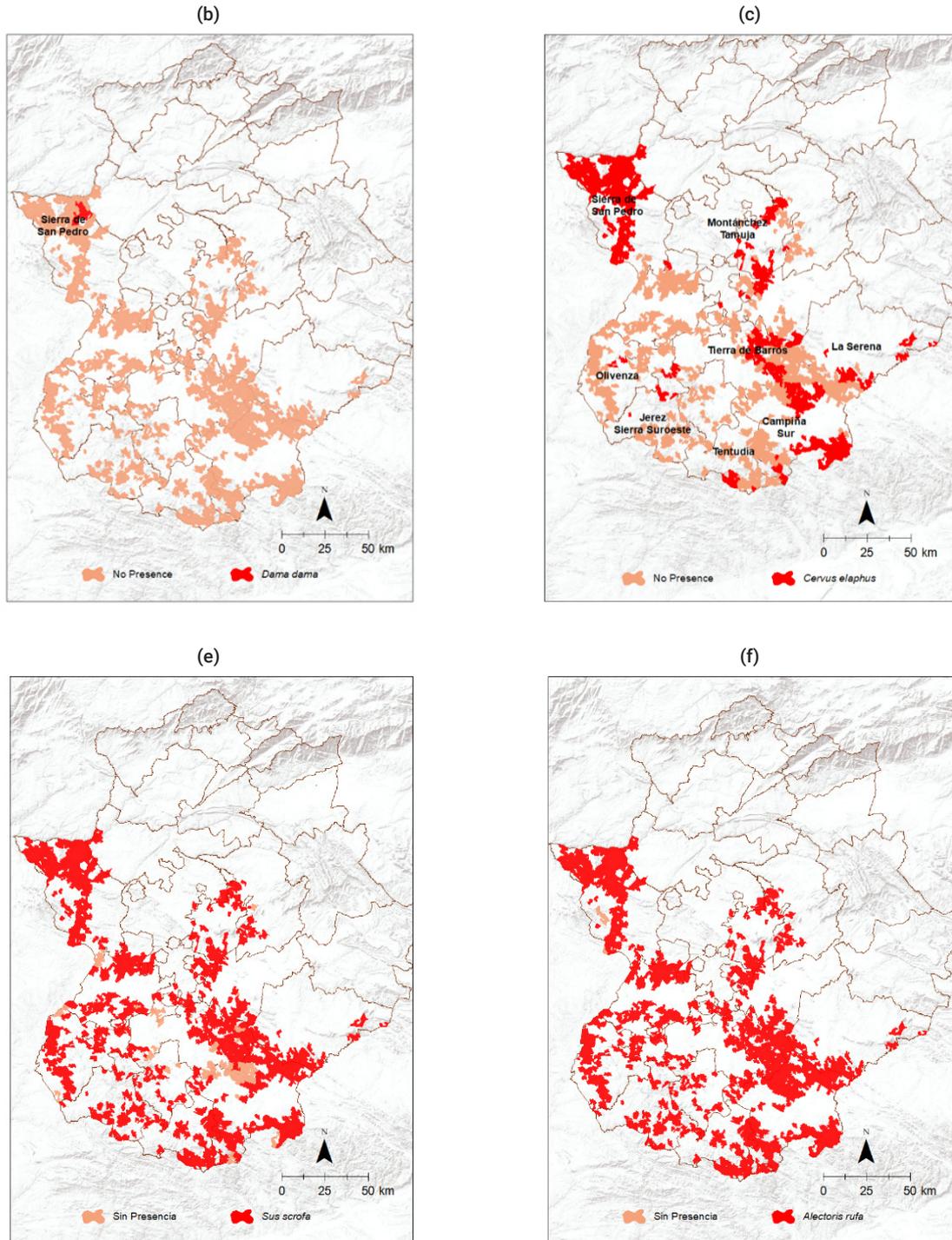
Source: prepared by authors.

Figure 6 shows the geographic location of the different game species in the study area where the following issues stand out:

- Despite the reduced presence of *Dama dama*, this species is concentrated in the reserves located in the Sierra de San Pedro region, where there is also a high incidence of other species such as *Cervus elaphus*, *Sus scrofa* and *Alectoris rufa*. This scenario is not surprising, considering that this area is characterized as one of the traditional hunting areas in Extremadura (Martín-Delgado, Rengifo-Gallego, & Sánchez-Martín, 2020).
- The presence of the *Capreolus capreolus* is reduced to the Montánchez-Tamuja and Miajadas-Trujillo areas, a situation caused by the expansion that this species has experienced in recent years from its original areas, which were located mainly in the Siberia and Villuercas, Ibores and Jara regions (2).
- Wide distribution of *Sus scrofa* and *Alectoris rufa* throughout the dehesa pastures that make up Group 2.

Figure 6. Geographic location of *Capreolus capreolus*(a), *Dama dama* (b), *Cervus elaphus* (c), *Sus scrofa* (d) and *Alectoris rufa*(e) in Group 2.





Source: prepared by authors.

3.1.3. Group 3.

Group 3 is characterized by a very small number of dehesa hunting reserve (17), representing only 0.8% of the study sample. This situation can be explained by the fact that this group has very particular physical characteristics that differ from the rest of the territories analysed. Among them is the high altitude present in the area, where maximum altitudes reach values of up to 2,264 meters. This characteristic of the relief conditions the ground cover, resulting in a predominance of sclerophyllous vegetation, hardwood forests and natural grasslands, as opposed to the rest of

the groups, where the agroforestry system was the most common cover. This situation generates an ideal habitat for the presence of the *Capra pyrenaica*. For this reason, this species appears in all the dehesa hunting reserves that make up this group, a situation that is not observed in any other case. On the other hand, together with this species, there are other species with a high level of representation, such as the *Cervus elaphus*, the *Sus scrofa* and the *Alectoris rufa*. The presence of the *Capreolus capreolus* can be observed in slightly more than 50% of the reserves that make up this group, although this is not the traditional habitat in which this species usually lives (Delibes, 1996), its expansion throughout the Extremadura region has led it to colonize these areas.

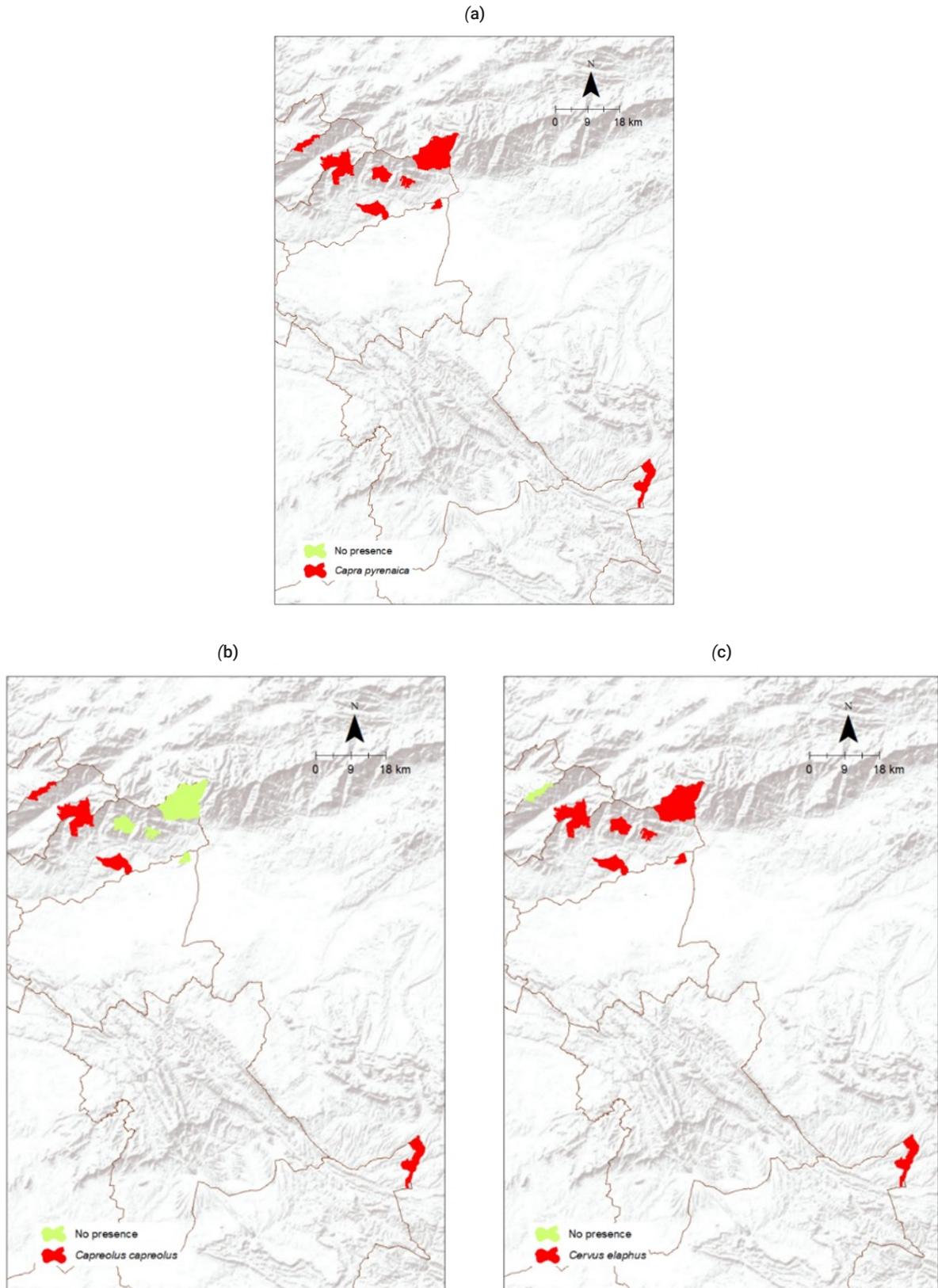
Table 9. Results obtained Group 3.

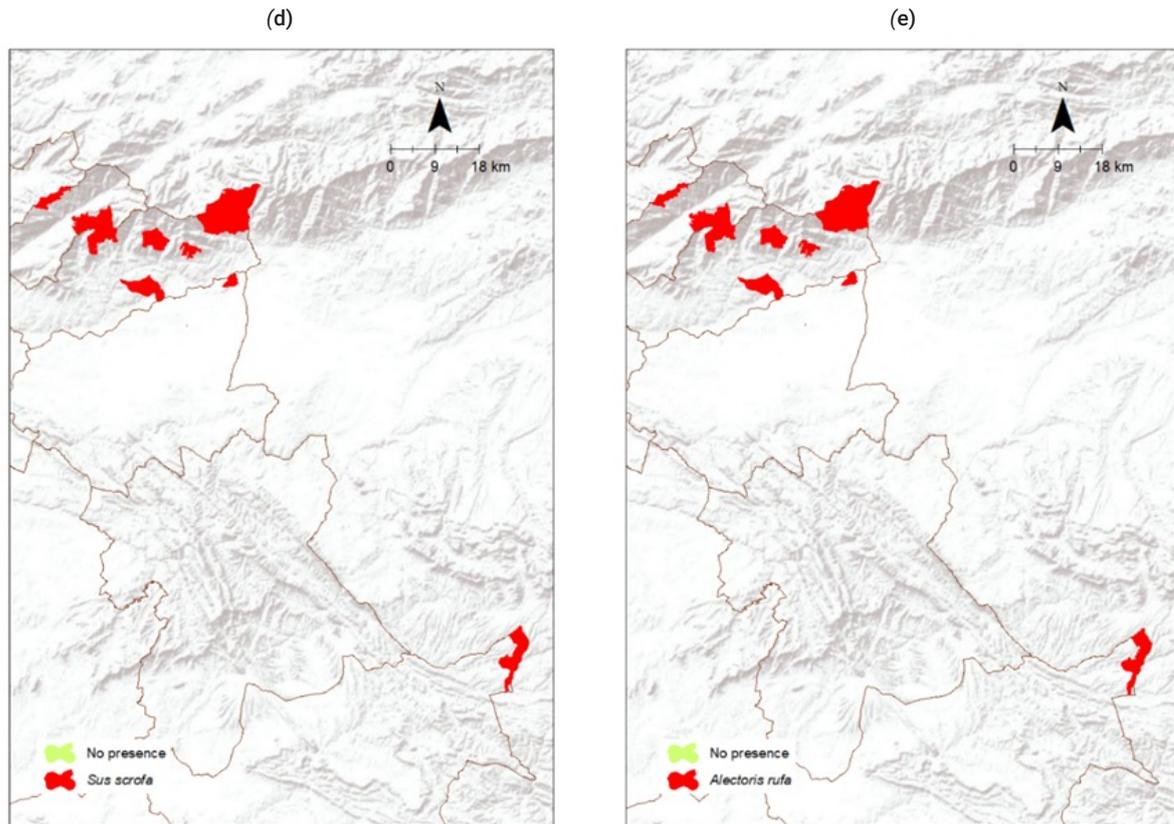
VARIABLE	MEAN	STANDARD DEVIATION	MIN.	MAX.	SHARE
<i>Capra pyrenaica</i> (Mountain goat)	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00
<i>Capreolus capreolus</i> (Roe deer)	0.52	0.50	0.00	1.00	1.00
<i>Dama dama</i> (Fallowdeer)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cervus elaphus</i> (Deer)	0.94	0.23	0.00	1.00	1.00
<i>Sus scrofa</i> (Wild boar)	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00
<i>Alectoris rufa</i> (Red partridge)	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00
Maximum altitude	1,403.20	664.07	373.84	2,264.24	0.91
Minimum altitude	616.37	244.20	248.41	1,197.61	0.87
Length hydrography	20,088.54	10,253.77	1,478.95	41,260.00	0.39
Sclerophyllous	397.11	277.48	69.00	902.00	0.37
Hardwoodforest	166.94	199.91	0.00	796.00	0.33
Natural pastures	119.82	146.77	0.00	489.00	0.49
Agroforestry system	31.52	51.45	0.00	168.00	0.08
Rainfedcrops	36.70	84.20	0.00	291.00	0.17
Permanently irrigatedland	23.35	69.93	0.00	281.00	0.28

Source: prepared by authors.

The geographic distribution of this area is mainly related to the foothills of the Sierra de Gredos, an area where the *Capra pyrenaica* is distributed. In spite of the reduced surface representation of this group with respect to the rest, it is necessary to delimit it due to its singularities. The distribution of the species detected in this area is very wide in all the reserves, except for the particular case of the *Capreolus capreolus*, which only appears in 50% of them.

Figure 7. Geographical location of *Capra pyrenaica* (a), *Capreolus capreolus*(b), *Cervus elaphus* (c), *Sus scrofa* (d) and *Alectoris rufa* (e) in Group 3.





Source: prepared by authors.

3.1.4. Group 4.

Group 4 is made up of a total of 670 hunting grounds in pasture areas, representing 31.6% of the study sample. Among other aspects, the great variety of game species present in this territory is noteworthy, although it is worth mentioning that the distribution of the *Capra pyrenaica* is testimonial (1% of the land comprising this group). With a greater presence than this, the *Capreolus capreolus* (25%) and the *Dama dama* (30%) are in a reduced percentage of these hunting reserves, so it is necessary to carry out a more in-depth analysis of their geographic location. However, this situation does not apply to the rest of the game species, which are found in most of the areas that make up the group (*Cervus elaphus*, *Sus scrofa* and *Alectoris rufa*). This diversity of species is the result of the physical characteristics of the territory, where altitudes vary greatly (131 to 1,639 meters). Among these, the presence of land covers linked to the agroforestry system predominates with respect to the rest of the variables (342 hectares). This situation occurs in other groups studied, although in no other case does it reach such a high average.

Table 10. Results obtained in Group 4.

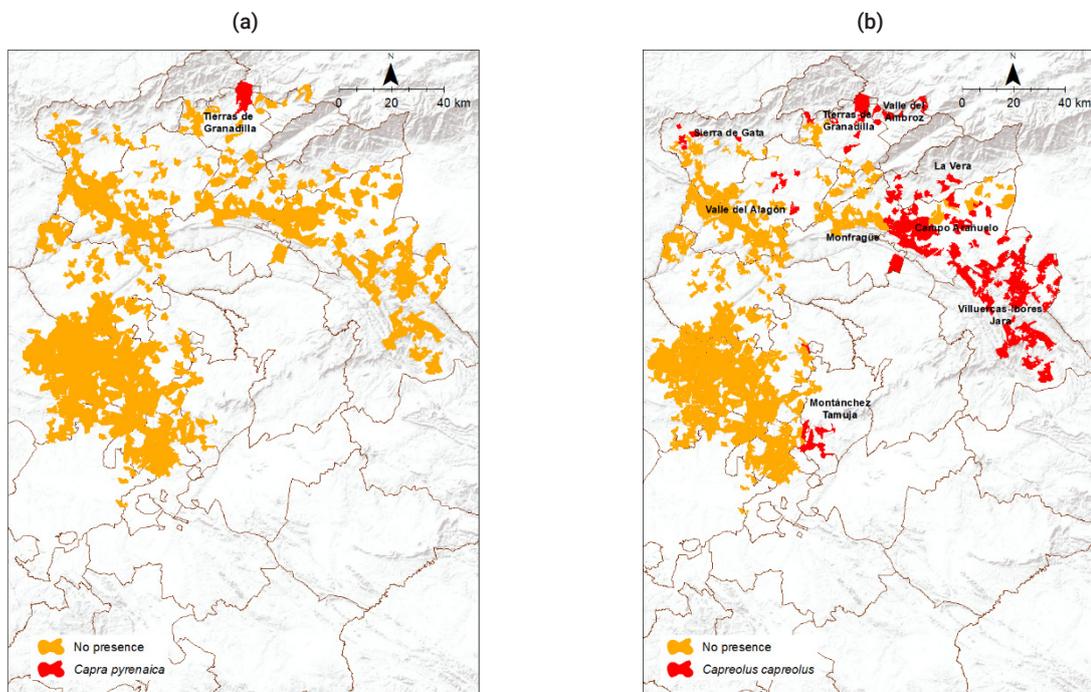
VARIABLE	MEAN	STANDARD DEVIATION	MIN.	MAX.	SHARE
<i>Capra pyrenaica</i> (Mountain goat)	0.01	0.03	0.00	1.00	1.00
<i>Capreolus capreolus</i> (Roe deer)	0.25	0.43	0.00	1.00	1.00
<i>Dama dama</i> (Fallowdeer)	0.30	0.45	0.00	1.00	1.00
<i>Cervus elaphus</i> (Deer)	0.86	0.34	0.00	1.00	1.00
<i>Sus scrofa</i> (Wild boar)	0.99	0.03	0.00	1.00	1.00

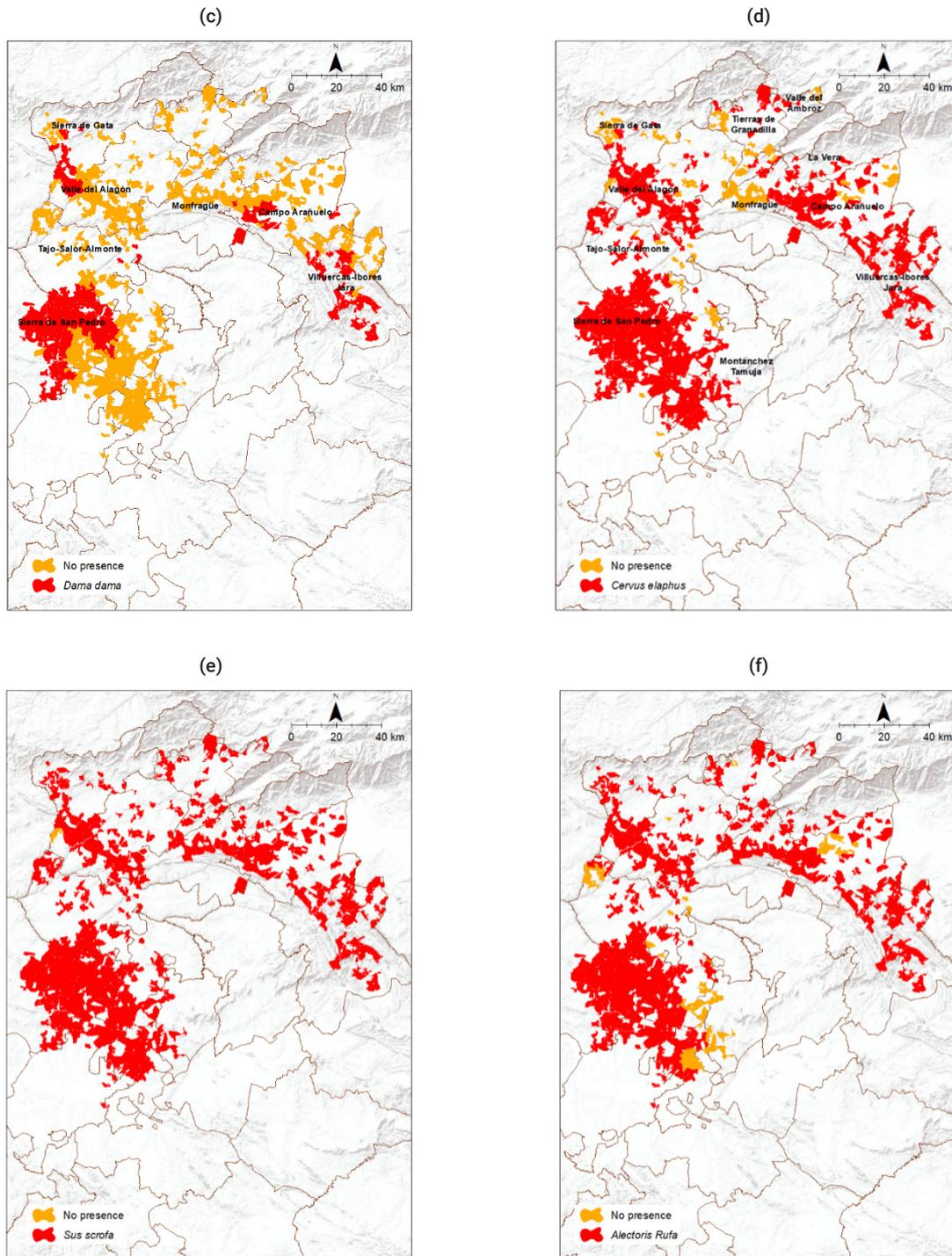
VARIABLE	MEAN	STANDARD DEVIATION	MIN.	MAX.	SHARE
<i>Alectoris rufa</i> (Red partridge)	0.89	0.31	0.00	1.00	1.00
Maximum altitude	457.65	195.40	232.91	1,639.72	0.68
Minimum altitude	313.36	91.06	131.07	914.42	0.72
Length hydrography	17,495.48	10,622.69	313.60	83,746.00	0.82
Agroforestry system	342.26	315.44	0.00	2,150.00	1.00
Sclerophyllous	95.06	166.00	0.00	927.00	0.41
Natural pastures	80.15	133.83	0.00	902.00	0.90
Hardwoodforest	54.95	116.03	0.00	1019.00	0.43
Rainfedcrops	28.70	91.51	131.07	914.42	0.72
Permanently irrigatedland	14.94	75.39	0.00	994.00	1.00

Source: prepared by authors.

Figure 8 shows the geographic distribution of each of the hunting species within the hunting reserves that make up this group. Among the main results obtained, the testimonial presence of the *Capra pyrenaica*, which is limited to a specific area in the region of Tierras de Granadilla, is noteworthy. This may be due to its proximity to the Batuecas, a preferred place for this hunting species. On the other hand, with respect to the *Capreolus capreolus*, this species is distributed throughout different regions that make up this group. In the case of the *Dama dama* it is more representative than in the rest of the groups, covering up to 30% of the reserves that make up this group, especially in the Sierra de San Pedro and Villuercas-Ibores-Jara. The rest of the species are very widespread.

Figure 8. Geographic distribution of *Capra pyrenaica* (a), *Capreolus capreolus* (b), *Dama dama* (c), *Cervus elaphus* (d), *Sus scrofa* (e) and *Alectoris rufa* (f) in Group 4.





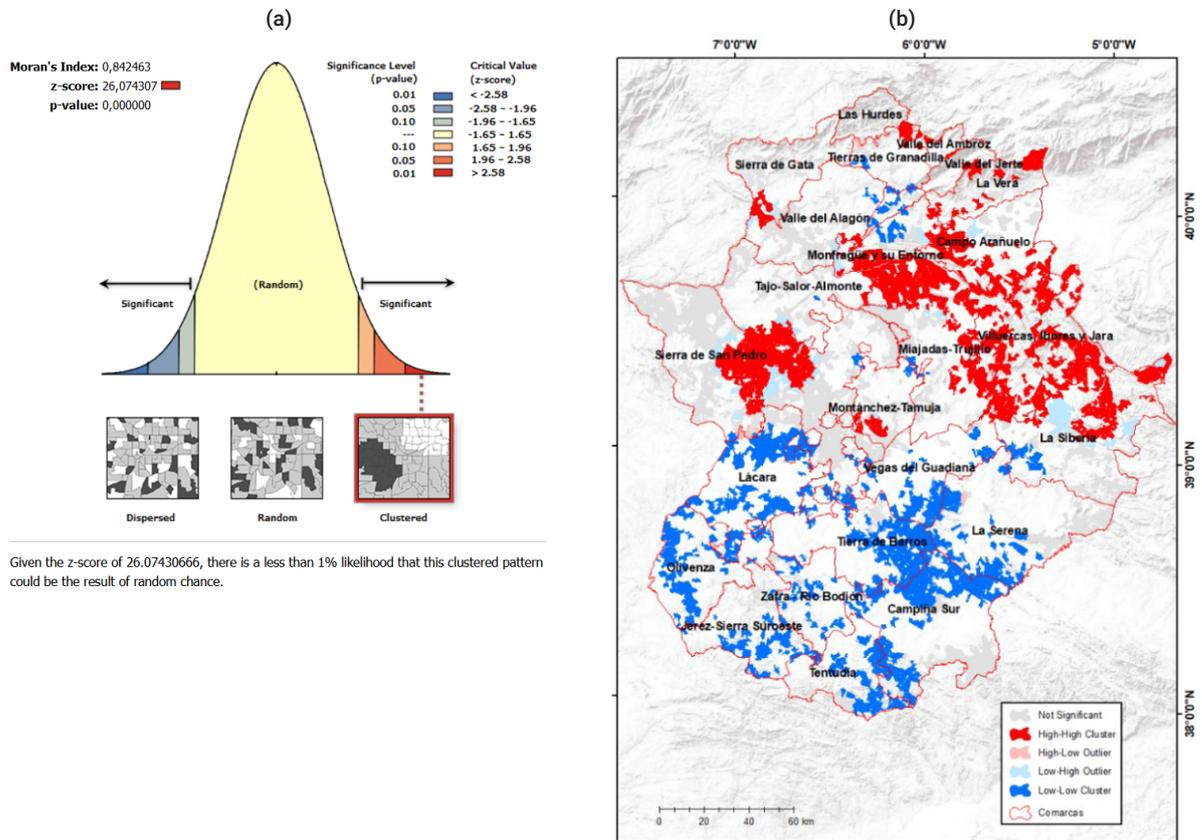
Source: prepared by authors.

3.2. Areas with the greatest economic value for hunting in the enclosed dehesa of Extremadura.

Figure 9 shows the values obtained after the application of the global and local spatial autocorrelation index on the study variable “economic value of the hunting resource”. The application of Moran’s global index I has allowed us to determine the existence of positive spatial autocorrelation on the distribution of this variable in the study area which, at the same time, presents aggregates in different subsets of the sample. The application of the local LISA index has made

it possible to detect those areas where this phenomenon of spatial concentration of high values occurs, as well as other areas characterized by the presence of low values. In this sense, it can be seen how there are areas where the great variety of hunting species influences the fact that they appear as areas with a high economic value for hunting. These include the districts of Villuerca-Ibores-Jara, as well as the hunting reserves bordering this district with those of Monfragüe and its surroundings, Campo Arañuelo, Miajadas-Trujillo and La Siberia. At the same time, this concentration of high values is also observed in the regions of Sierra de San Pedro, Valle del Jerte and La Vera and those enclosures located at higher altitudes in the regions of Tierra de Granadilla and Valle del Ambroz. On the other hand, in spite of the existence of different hunting species in the rest of the areas, their variety is reduced, and, in some cases, they have little economic value. This situation generates the presence of clusters of low values, mainly in the province of Badajoz. These results agree with the areas established in the previous group analysis, where those areas with a greater variety of hunting species coincide with areas with high economic values, while those with low values coincide with areas where the variety of species is lower.

Figure 9. Economic value of the hunting resource global index (a) and local index (b).



Source: prepared by authors.

3.3. Availability of infrastructures in the hunting reserves

3.3.1. Tourist accommodations

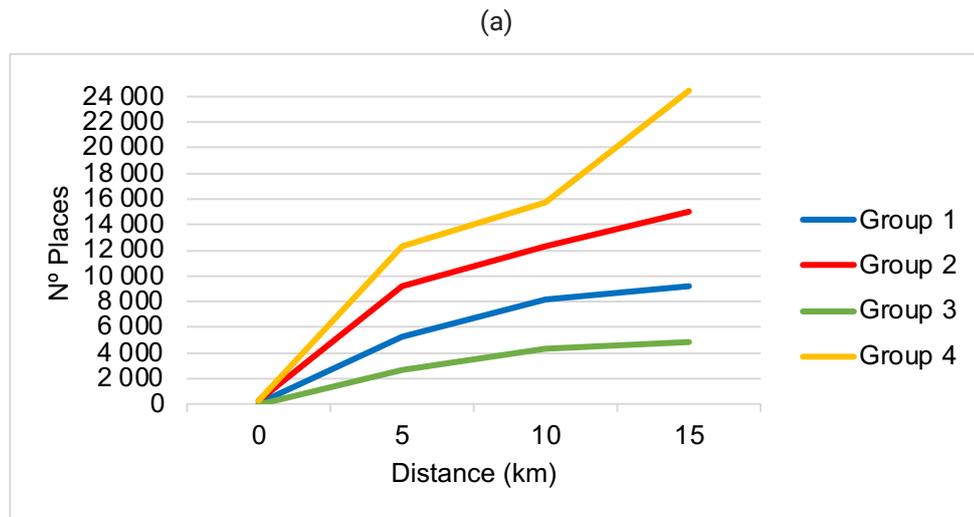
Tourist lodging is the basic infrastructure that allows for the development of tourism in a place, since without it, tourists would not be able to stay overnight. Therefore, it is of interest to determine the presence of lodging in the study area, taking as a reference those that are preferred by

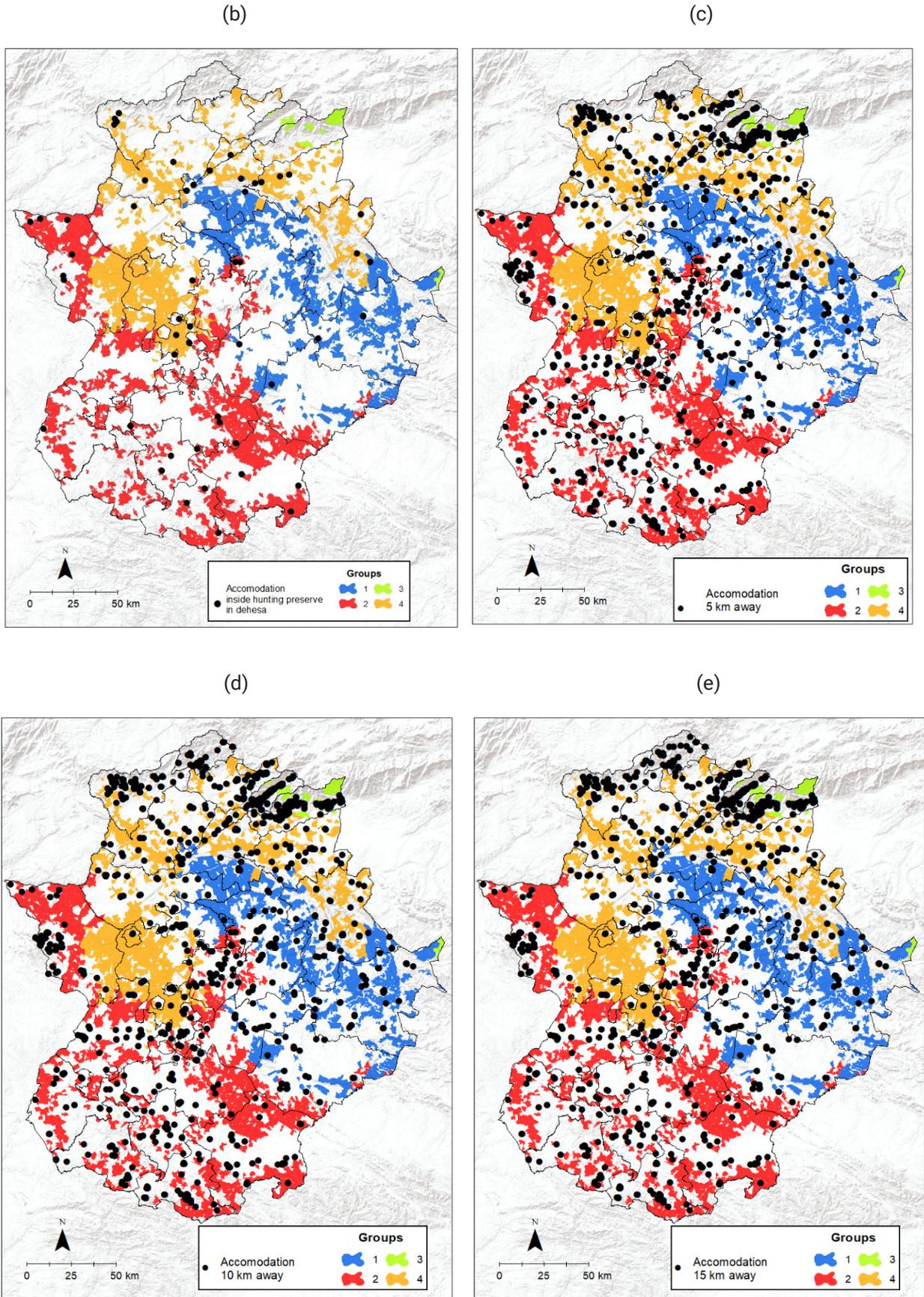
hunting tourists. In relation to the established groups, given that they can be considered hunting destinations differentiated by their characteristics, the presence of lodging is essential for their incorporation into the tourist market. In this sense, the offer of the hunting destination would be made up of the hunting grounds, spaces that host the different species of game, together with the tourist facilities and basic infrastructures that allow accessibility. Furthermore, as hunting tourism works like any other segment of the tourism market, it is necessary to have companies that connect supply and demand, whose purpose is to provide services aimed at satisfying the needs of consumers.

Figure 10 shows the positive correlation between the number of vacancies and the distance to the preserve. The following trends can be observed:

- On the one hand, the number of places available within the enclosed area itself is very small in all the study groups.
- On the other hand, this growth in the number of sites in relation to the increase in the distance from the enclosure is different in each of the groups. Thus, there is a significant increase in Group 4, which registers 315 sites within the enclosure itself, reaching more than 24,000 at 15 km.

Figure 10. Trend increase in the number of tourist vacancies according to distance to the reserve (a) and location within the reserve (b), 5 km (c), 10 km (d) and 15 km (e).





Source: prepared by authors.

On the other hand, it is interesting to determine the predominance of one type of lodging in each of the groups. Table 11 shows the data obtained, showing the notable differences that occur in the different groups, both in the total number of available vacancies and in the greater presence of a specific type of lodging. In the first case, this difference may be due to the number of hunting grounds that make up each of these groups. With respect to the supremacy of the different types of lodging studied, hotel accommodation stands out, regardless of its category (1 and 5 stars). Specifically, these comprise more than 50% of the total in each group, reaching their maximum in Group 2 (64%). However, in Group 3, rural houses have the highest percentage (51.6%).

Table 11. Places available by type of lodging in each study group.

GROUP	TYPE OF ACCOMODATION	NUMBER ACCOMODATION	ACCOMODA-TION PLACES	ACCOMODA-TION PLACES %
1	Rural house	218	2,005	21.6
	Rural hotel	15	354	3.8
	Hostel	79	1,875	20.2
	Pension	19	248	2.7
	1- and 3-star hotel	44	2,567	27.7
	4- and 5-star hotel	17	2,212	23.9
	Total	392	9,261	100
2	Rural house	289	2,364	15.8
	Rural hotel	24	545	3.6
	Hostel	117	2,509	16.8
	Pension	17	271	1.8
	1- and 3-star hotel	72	4,897	32.7
	4- and 5-star hotel	32	4,688	31.3
	Total	551	14,974	100
3	Rural house	269	2,504	51.6
	Rural hotel	23	648	13.3
	Hostel	25	508	10.5
	Pension	0	0	0
	1- and 3-star hotel	12	605	12.5
	4- and 5-star hotel	7	587	12.1
	Total	336	4,852	100
4	Rural house	633	5,559	22.8
	Rural hotel	46	1,251	5.1
	Hostel	117	2,721	11.1
	Pension	17	2,29	0.9
	1- and 3-star hotel	64	7,329	30.0
	4- and 5-star hotel	36	7,317	29.9
	Total	913	24,406	100

Source: prepared by authors.

The number of available places in each group is high, so that in general it could be determined that there is a high number of available infrastructures that would allow the development of hunting tourism in the study area. However, in order to establish a clear analysis of the presence of tourist places, it is necessary to consider the number of hunting grounds existing in each of these groups in order to determine the average number of places available in each of them. In this scenario, Table 12 shows the lack of infrastructures close to the dehesa enclosures in Extremadura,

with the exception of the specific case of group 3, where a good number of places are available. However, a general trend can be observed in which, as the distance from the enclosed areas increases, there is a gradual increase in the number of places. Thus, in the case of groups 1, 2 and 4, the number of places can be estimated as low, as the physical characteristics of these areas mean that the most common modalities practised by hunting tourists are those of a collective nature, such as big game and red-legged partridge shooting (Rengifo, 2003; Álvarez, Coca, & Hernández, 2007).

Table 12. Average number of places per preserve, group and distance.

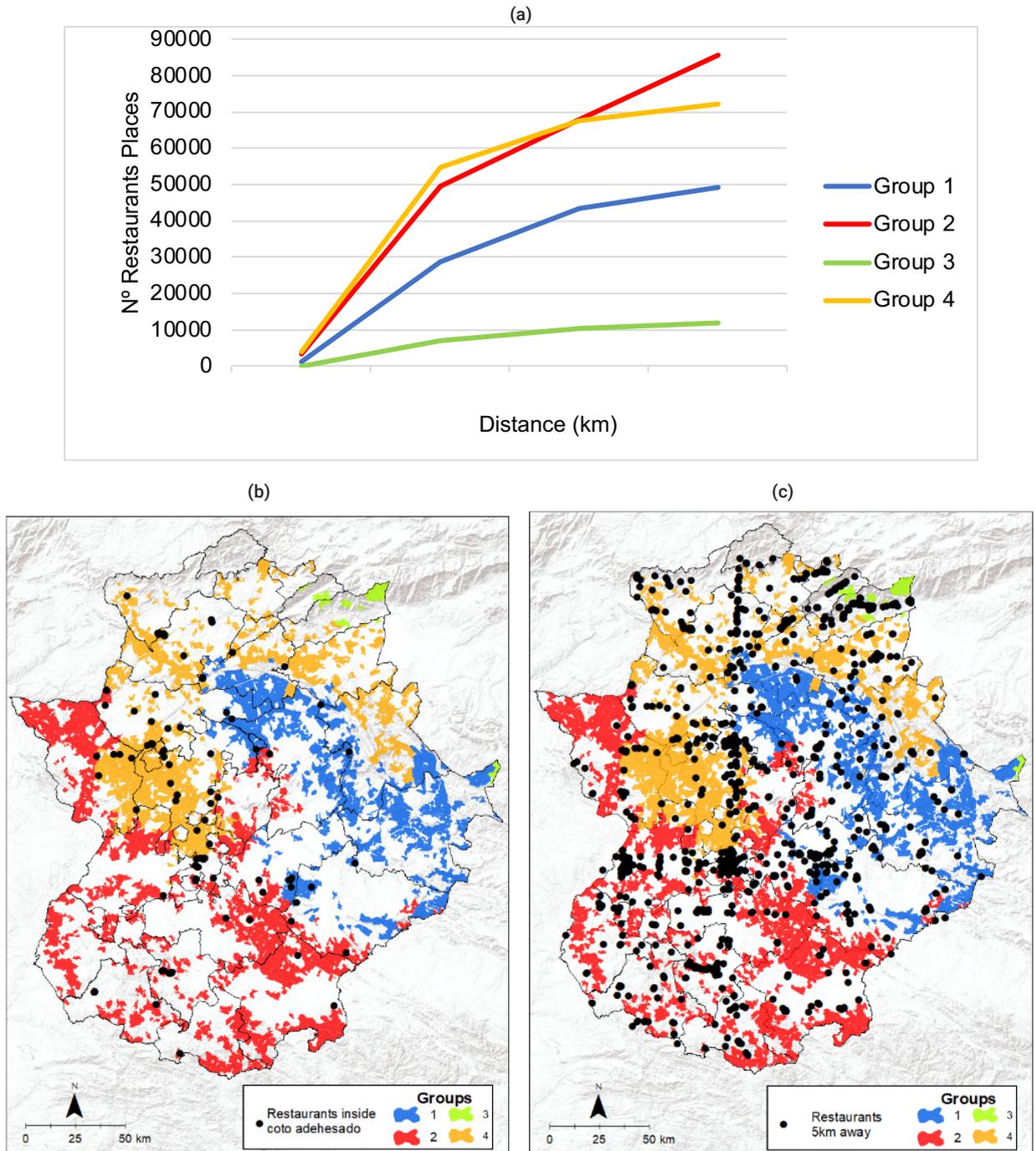
GROUP	NUMBER OF PRESERVES	DISTANCE (KM)	NUMBER OF ACCOMODATION	NUMBER OF PLACES	AVERAGE NUMBER OF PLACES PER PRESERVE
1	568	0	11	1,010	1.77
		5	259	2,819	4.96
		10	347	4,371	7.69
		15	392	9,261	16.30
2	936	0	24	118	0.12
		5	404	4,974	5.31
		10	500	6,719	7.17
		15	551	14,964	15.69
3	17	0	0	0	0
		5	196	1,404	83.70
		10	284	2,282	134.23
		15	336	4,852	285.29
4	670	0	22	159	0.20
		5	548	6,644	9.91
		10	787	8,385	12.50
		15	913	24,406	36.42

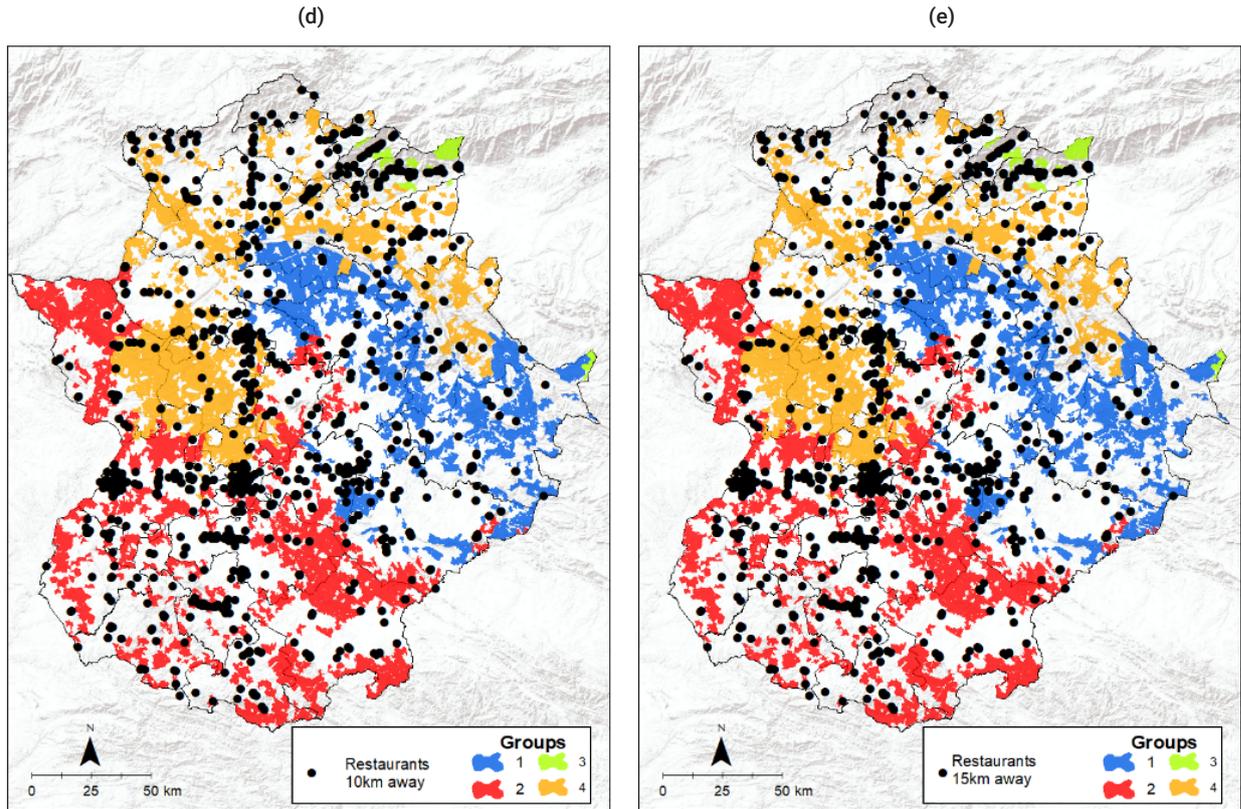
Source: prepared by authors.

3.3.2. Restaurants

Hunting tourists are inclined to enjoy activities linked to local gastronomy, and at the same time demand specialized restaurant services (Martín-Delgado, Rengifo-Gallego, & Sánchez-Martín, 2019). For this reason, an analysis was carried out on the presence of restaurants located between 0 and 15 km from the hunting area. The results obtained (Figure 11) show a general trend towards an increase in the number of seats as the distance from the hunting ground increases, a logical fact because there is a clear relationship between the demand for hunting activity and restaurants, but not a dependence. On the other hand, Group 3 appears as the group with the lowest number of restaurant places, coinciding with the area with the fewest hunting grounds. Although Groups 2 and 4 stand out for their high number of seats, there are differences between them. Specifically, Group 2 experiences a greater growth in the number of seats from 5 km, while in the case of Group 4, the greatest growth is observed between 10 and 15 km distance.

Figure 11. Restaurants according to distance to the preserve (a) and location according to distance within (b), 5 km (c), 10 km (d) and 15 km (e).





Source: prepared by authors.

Finally, it is interesting to determine the average number of restaurant seats per number of hunting grounds. Table 13 shows that in Group 3, the average number of restaurant places in Group 3 is high, due to the scarcity of hunting preserves that comprise it. However, in the rest of the groups, the available places are lower, considering that the hunting modalities preferred by hunting tourists are of a collective nature (redlegged partridge and hunting in the mountains) (Rengifo, 2003; Álvarez, Coca, & Hernández, 2007).

Table 13. Average number of restaurant seats available depending on the distance to the dehesa woodland.

GROUP	NUMBER OF PRESERVES	DISTANCE (KM)	NUMBER OF RESTAURANTS	NUMBER OF PLACES	AVERAGE NUMBER OF PLACES PER PRESERVE
1	568	0	12	1,025	1.8
		5	342	28,636	50.4
		10	546	43,414	76.4
		15	611	49,243	86.7
2	936	0	40	3,277	3.5
		5	568	49,652	53.0
		10	798	68,013	72.7
		15	1,033	85,529	91.4
3	17	0	0	0	0.0
		5	92	7,063	415.5
		10	135	10,261	603.6
		15	150	11,746	690.9

GROUP	NUMBER OF PRESERVES	DISTANCE (KM)	NUMBER OF RESTAURANTS	NUMBER OF PLACES	AVERAGE NUMBER OF PLACES PER PRESERVE
4	670	0	59	4,062	6.1
		5	713	54,825	81.8
		10	857	67,501	100.7
		15	917	72,021	107.5

Source: prepared by authors.

3.3.3. Tourist attractions near the hunting reserves

The trips made by hunting tourists are characterized by the development of activities complementary to hunting (Martín-Delgado, Rengifo-Gallego, & Sánchez-Martín, 2019). In addition, these trips are usually accompanied by non-hunters (Boletín Oficial del Estado, 2014). For these reasons, it is interesting to know whether the hunting reserves in Extremadura have tourist attractions at an optimum distance, allowing the offer of complementary tourism products. Table 14 shows the wide variety of tourist attractions that exist within 15 km of the reserves. Among them, the high presence of Sites of Cultural Interest (BIC), including historic sites, can be seen in all the groups detected except in Group 3, probably due to the small number of preserves that make it up, as well as the physical characteristics of the terrain. This circumstance is due to the great wealth of heritage that characterizes the Extremadura region. The presence of these two types of tourist attractions allows the development of a parallel product to the hunting activity, consisting of cultural visits. Something similar occurs with the Protected Areas, whose extension affects 30% of Extremadura's surface area, a high percentage of which coincides with the areas dedicated to hunting. In this context, Groups 2 and 4 are those with a high presence of protected areas in their vicinity.

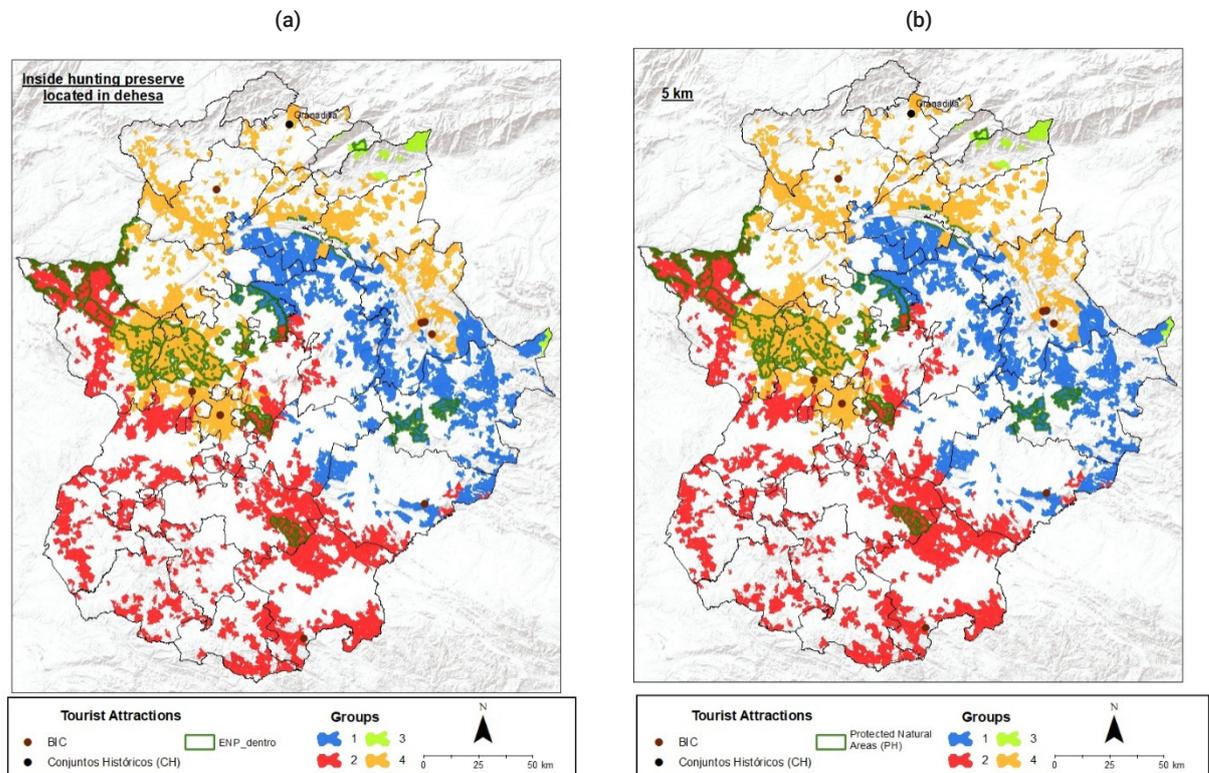
Table 14. Tourist attractions present in the different groups analysed for the development of hunting tourism.

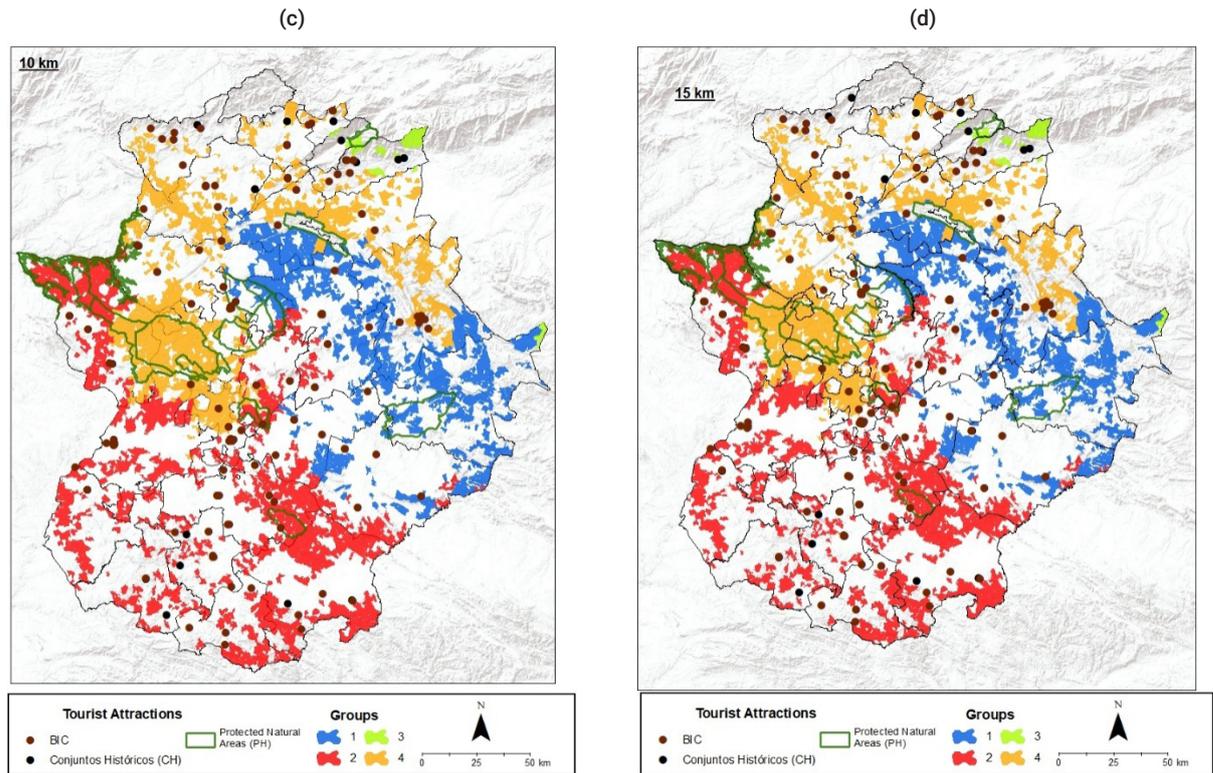
GROUP	NUMBER OF PRESERVES	DISTANCE (KM)	NUMBER OF BIC	NUMBER OF HISTORIC SITES	NUMBER OF PROTECTED NATURAL AREAS
1	568	0	1	0	3
		5	36	5	7
		10	45	6	7
		15	45	7	7
2	936	0	1	0	3
		5	61	12	10
		10	81	13	10
		15	81	15	10
3	17	0	0	0	1
		5	2	6	1
		10	6	6	2
		15	6	7	2
4	670	0	6	1	3
		5	82	11	11
		10	89	16	11
		15	89	18	11

Source: prepared by authors.

Figure 12 represents the geographic location of these attractions located above the groups detected at an optimal distance (5, 10 and 15 km). Under this scenario, the specific situation of the Sierra de San Pedro and the Sierra Grande de Hornachos is striking, where practically all of these areas are affected by the presence of private hunting reserves with dehesa. As the distance to the preserve increases, there is a gradual increase in the presence of Protected Areas. One of the most characteristic issues is the specific case of Monfragüe National Park where, despite the fact that hunting activity has been prohibited since December 5, 2020 (Boletín Oficial del Estado, 2014), the cartography shows the high incidence of hunting activity in the vicinity of the park boundaries, with hunting preserves belonging to Groups 1 and 4. Heritage resources (BIC) show a similar trend, as the distance to the hunting grounds increases, there is a constant increase in the number of existing resources. The high wealth of heritage resources characteristic of the Extremadura region generates the large presence of this type of tourist attractions throughout the study area.

Figure 12. Presence of tourist attractions within the reserve (a), 5 km (b), 10 km (c) and 15 km (d).





Source: prepared by authors.

4. Discussion

Hunting is one of the most widespread land uses, and is currently an economic activity that generates wealth and contributes to the direct and indirect generation of employment in rural areas (Andueza *et al.*, 2018). One of the sectors that benefits most from hunting is tourism, since hunters are forced to travel between their place of residence and the hunting grounds. During these trips they demand specific and general tourist services, according to their profile (Martín-Delgado, Rengifo-Gallego, Sánchez-Martín, 2019; Roldán, J.D., Caridad, Ocerín, Pérez, 2017), among which are lodging, transportation, guides, restaurants, etc. As a consequence, this generates an expense that benefits the companies located in rural areas, in a context in which the rural areas need to increase employment opportunities in order to fix the population.

Likewise, hunters are not only attracted to hunt a game species, but also value other attributes related to experience, intellectual, biological, and social aspects (Radder, 2005; Sigursteinsdóttir & Bjarnadóttir, 2010), as well as complementary activities (Martín-Delgado, Rengifo-Gallego, & Sánchez-Martín, 2019). One aspect to consider, as a competitive advantage of the hunting destination, is the uniqueness and conservation of the natural environment. In this context, the dehesa is a unique ecosystem in the world, formed by human intervention to obtain different agricultural, livestock and forestry uses to which hunting should be added. For this reason, the attraction of hunting native species in this ecosystem, which also has great scenic value, is unquestionable. For this reason, these reserves should be provided with hunting quality certifications that respond to duly standardized methodologies (Linares & Carranza, 2019; Linares & Carranza, 2021 a; Linares & Carranza, 2021b), so that the farms can obtain complementary income (Campos-Palacín, 2019), while contributing to the conservation of the natural environment.

This article highlights the great potential of hunting as a tourist resource of the Extremadura dehesa, as well as the extensive network of accommodation and restaurants that exist in its area of influence, making it possible for the resulting groups to become destinations with their own personality. If we consider that the period of greatest demand for hunting is between October and February, coinciding with the period when accommodation occupancy is lowest, the interest of the hunters market has a double value. Moreover, the arrival of hunters in rural areas is an opportunity for them to get to know other cultural and natural resources, serving as promoters when they return to their places of origin. Thus, the use of this natural resource could contribute to the diversification of depressed areas (Bielsa, 1987) and break with the seasonality characteristic of other forms of tourism. However, at present there are few political initiatives that contribute to the promotion of this type of tourism in the Autonomous Community of Extremadura, nor are there any figures that count the flow generated by this specific type of tourism. For this reason, it would be necessary a greater involvement by the public administration in the implementation of policies to promote this type of tourism in view of the economic, environmental, and social benefits it generates (Lindsey, Roulet, & Romanach, 2007; Wall & Child, 2009; Matilainem, Keskinarkaus, & Törma, 2016; Muphosi, Gandiwa, Bartels, & Makuza, 2016; Andueza *et al.*, 2018; Gallardo *et al.*, 2019; Martín-Delgado, Rengifo-Gallego, & Sánchez-Martín, 2019; Martín-Delgado, Rengifo-Gallego, & Sánchez-Martín, 2019). In this way, a common strategy could be designed involving public administrations, hunting reserve managers, tourist accommodation and restaurants with the aim of creating sustainable hunting tourism where the wealth derived from this activity would contribute to the social, economic, and environmental conservation of these areas. The implementation of such strategies elsewhere has generated benefits (Ullah & Kim, 2020), although it must be borne in mind that the hunter's expenditure must benefit the local population, which is not always the case (Morais, Bunn, Hoogendoorn, & KC, 2018).

Finally, it must be borne in mind that hunting is a consumptive activity that makes use of natural resources and must therefore be practised in a sustainable manner, i.e. guaranteeing the presence of populations for future generations. In Spain, specifically in Extremadura, this practice is carried out under these characteristics of sustainability due to the extensive legislation that regulates it. In fact, every year the managers of the reserves themselves must submit a hunting plan, which must subsequently be approved by the regional government. At the same time, the regional government also approves an annual closed season order, which sets out the species that can be considered game species, as well as the conditions for hunting them (number of catches, closed season, etc.). In this sense, the dynamics of growth in this market segment must not tend towards overcrowding, as an increase in this could be detrimental to game species (Marchand, 2014; Rashid, 2020).

5. Conclusions

- The main conclusions obtained from this study are as follows:
- Hunting tourism has a remarkable potential in Extremadura's dehesa due to the great wealth of species that coexist in it.
- There are four well differentiated geographical areas, due to the physical characteristics and the variety of hunting species that coexist in them.
- Group 1 consists of 568 hunting reserves representing more than 26% of the study sample. This group is characterized by the presence of all the main game species, although mountain goat and fallow deer are of little relevance. This group is characterized by the presence of alti-

tude reliefs with notable differences, being the minimum altitude (213m) and the maximum (1,122m), highlighting the amplitude reached by the agroforestry system with respect to the rest of the coverages. Therefore, hunters interested in species such as *Capreolus capreolus*, *Cervus elaphus*, *Sus scrofa* and *Alectoris rufa* should choose this group as their destination.

- Group 2 is made up of 936 enclosed pasture lands where 5 of the 6 species taken as reference for this analysis coexist. In spite of this Dama dama and roe *Capreolus capreolus* are of little importance. The former is only found in some enclosures in the Sierra de San Pedro, while the latter appears in the Montánchez-Tamuja area. This group is ideal for specialising in the hunting of *Cervus elaphus*, *Sus scrofa* and *Alectoris rufa*.
- Group 3 is made up of a small number of reserves (17) but has unique characteristics. These include the presence of all the main game species, apart from fallow deer. Among the main physical characteristics, we can mention the presence of high altitudes, as well as the scarcity of the agroforestry system as peculiarities that differentiate it from the rest of the groups. For this reason, the reserves that make up this area are ideal for hunting *Capra pyrenaica*.
- The last group detected (Group 4) is composed of 670 reserves. All the types of species studied live in this group, with a predominance of agroforestry systems. However, in the case of the mountain goat, its representation is very low, being reduced to a small area located in Tierras de Granadilla. On the other hand, there is the case of roe deer and fallow deer which, despite covering a reduced area of the study sample, is geographically located in a series of areas that can be chosen for the exploitation of this hunting resource. In the first case, the high presence of this species in all the reserves located in the region of Villuercas-Ibores-Jara stands out because this is its original habitat in Extremadura, from where it has moved to other areas, including the foothills of the Sierra de Gredos or the area of Montánchez-Tamuja. With respect to the fallow deer, its presence in the reserves that make up the Sierra de San Pedro and the Villuercas-Ibores-Jara area is noteworthy. Although there is a high presence of other species, this territory is characterised by the greater presence of *Capreolus capreolus* and *Dama dama* in its surroundings, unlike what occurs in the rest of the groups.
- Game species have nowadays acquired an economic value, so that the presence of a high variety of game species that, at the same time have a high economic value, can generate considerable wealth in the territory. Thus, the application of Moran's Local Index (LISA) has made it possible to define the following areas as those with the greatest economic value with respect to the hunting resource: Valle del Ambroz, the foothills of the Sierra de Gredos (Jerte and La Vera), Monfragüe, Villuercas-Ibores-Jara, Campo Arañuelo, la Siberia, Montánchez-Tamuja, Sierra de San Pedro and a small area of the Valle del Alagón.
- Despite the remarkable potential for the development of hunting tourism in the groups detected, the analysis carried out on the availability of infrastructure shows the insufficient number of places in lodging and restaurants in all groups, except for Group 3.
- Finally, all groups have a high presence of tourist attractions that allow the creation of a specific tourist product that considers the demand of hunting tourists.

References

- Álvarez, P., Coca, J., & Hernández, J. 2007. El turismo cinegético como recurso de primer orden para el desarrollo sostenible de Extremadura. Modalidades: montería y ojeo de perdiz roja. En R. Hernández, & V. Postigo, *Competencias sin fronteras. La empresa familiar*, pp. 453-470. Trujillo: Ediciones Coria.
- Andueza, A., Lambarri, M., Urda, V., Prieto, I., Villanueva, L., & Sánchez-García, C., 2018. *Evaluación del impacto económico y social de la caza en España*. Ciudad Real: Fundación Artemisan.

- Barceló, A., Seguí, B., & Rengifo, J., 2017. La caza de la cabra salvaje mallorquina en el contexto del turismo cinegético. *Ería: Revista Cuatrimestral de Geografía*, pp. 233-252. DOI: <https://doi.org/10.17811/er.2.2017.233-252>
- Bielsa, J., 1987. Caza mayor como alternativa de desarrollo en zonas deprimidas de Extremadura. *La caza en Extremadura*. Trabajos con motivo del I Congreso Internacional de la caza en Extremadura. Cáceres.
- Boletín Oficial del Estado, 2014. *Ley 30/2014 de Parques Nacionales*.
- Boletín Oficial del Estado N°314, 2010. *Ley 14/2010 de 9 de diciembre de caza en Extremadura*.
- Campos-Palacín, P., 2019. *Contribución de la actividad cinegética a la economía privada de grandes montes familiares en Andalucía*. 73, pp. 28-33.
- Comunidades europeas, 1992. *Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestre*. DOCE N°206 de 22 de julio de 1992, pp. 7-50.
- De Muslera-Pardom, E., & Cruz-Guzmán, E., 2011. Algunas consideraciones sobre la explotación de la dehesa extremeña, su problemática y posibles soluciones. *Pastos* (10),1, pp. 71-86. Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/682>
- Delibes, J., 1996. *Ecología y comportamiento del corzo capreolus capreolus 1758 en la Sierra de Grazalema (Cádiz)*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Deng, M., Liu, Q., Cheng, T., & Shi, Y., 2011. An adaptive spatial clustering algorithm based on delaunay triangulation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 35,4 , pp. 320-332. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compenurbsys.2011.02.003>
- Documento Oficial de Extremadura (DOE) N°63, 2020. *Orden de 27 de marzo de 2020 General de Vedas de caza para la temporada (2020/2021)*.
- ESRI. (Access 15 april 2022). *Guía de ayuda ARCGIS*. (In: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/2.6/tool-reference/spatial-statistics/how-grouping-analysis-works.htm>: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/2.6/tool-reference/spatial-statistics/how-groupin>)
- Federación Extremeña de Caza, 2017. Datos propios. *Planes técnicos cotos de caza*.
- Federación Extremeña de Caza, 2021. *Datos propios*.
- French, S. P., 2020. Spatio-temporal clustering of Baylisascaris procyonis, a zoonotic parasite, in raccoons across different landscapes in southern Ontario. *Spat Spatiotemporal Epidemiol*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sste.2020.100371>.
- Gallardo, M., Redero, S., Gómez, M., Gallardo, J., Arroyo, V., & Durán, J., 2020. *Situación de la caza en Extremadura*. Badajoz.
- Gallardo, M., Redero, S., Gómez, M., Gallardo, J., Arroyo, V., & Durán, J., 2019. *Informe Anual sobre la situación de la caza en la comunidad autónoma de Extremadura*. Badajoz: Federación Extremeña de Caza.
- Granados, J. P., 2001. *La cabra montés* (Capra pyrenaica, Schinz 1838).
- Heffelfinger, J. R., Geist, V., & Wishart, W., 2013. The role of hunting in North American wildlife conservation. *International Journal of Environmental Studies*, 70(3),pp. 399-413. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2013.800383>
- Instituto Geográfico Nacional (IGN), 2016. *Red hidrográfica* .
- Insituto Geográfico Nacional (IGN), 2017. *Corine Land Cover*, 1:100 000.
- Insituto Geográfico Nacional (IGN), 2018. *Modelo Digital del Terreno (MDT)*.
- Junta de Extremadura (Dirección General de Turismo) , 2021. *Base de datos propia sobre los alojamientos existentes en Extremadura*.
- Junta de Extremadura (Dirección General de Turismo), 2021. *Base de datos propia sobre los restaurantes existentes en Extremadura*.
- Junta de Extremadura, 2019. *Base de datos propia sobre la existencia de Bienes de Interés Cultural en Extremadura*.
- Junta de Extremadura, 2021. *Manual del estado de conservación del hábitat de dehesas en Extremadura*.
- Kroupová, S., Naurátif, J., Picha, K., & Hasman, M., 2014. Differentiation of the demand for the hunting tourism in the Czech Republic. *Czech Journal tourism*, pp. 27-42. DOI: <https://doi.org/10.2478/cjot-2014-0002>
- Leco-Berrocal, F., Pérez-Díaz, A., & Rodríguez-Mateos, A., 2008. La dehesa extremeña: de la multifuncionalidad a la dependencia ganadera. Los espacios rurales españoles en el nuevo siglo. Murcia: *Actas del XIV Coloquio de Geografía Rural*.

- Linares, O., & Carranza, J., 2019. *Manual GECISO Guía para el desarrollo e implantación de sistemas de gestión cinegética sostenible*. Volumen I. UCOPRESS.
- Linares, O., & Carranza, J., 2021a. *Manual GECISO Guía para el desarrollo e implantación de sistemas de gestión cinegética sostenible*. UCOPRESS. Disponible en: <https://www.uco.es/uircp/linares-o-y-carranza-j-2021/>
- Linares, O., & Carranza, J., 2021b. *Manual GECISO Guía para el desarrollo e implantación de sistemas de gestión cinegética sostenible*. Volumen III: *Metodología para el seguimiento de indicadores de gestión cinegética sostenible*. UCOPRESS . Disponible en: <http://www.uco.es/ucopress/index.php/es/2018-07-26-11-32-47/series/category/745-gestion-cinegetica>
- Lindsey, P., Roulet, P., & Romanach, S., 2007. Economic and conservation significance of the trophy hunting industry in sub-saharian, Africa. *Biological conservation*, 134, pp. 455-469. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.09.005>
- Mamboleo, A., 2022. International and domestic tourist hunting: a critical review on environmental and socio-economic implications in Sub-Saharan África. *Journal of Sustainability and Resilience*, 2 (1), 3. Disponible en: <https://digitalcommons.usf.edu/jsr/vol2/iss1/3>
- Martín-Delgado, L., Rengifo-Gallego, J., & Sánchez-Martín, J.M., 2019a. El modelo de caza social: evolución y caracterización en Extremadura. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 82. DOI: <https://doi.org/10.21138/bage.2793>
- Martín-Delgado, L., Rengifo-Gallego, J., & Sánchez-Martín, J.M. , 2019b. El turista cinegético. Una aproximación a su perfil en la comunidad autónoma de Extremadura. *Investigaciones Turísticas*, 18, pp. 193-219.
- Martín-Delgado, L., Rengifo-Gallego, J., & Sánchez-Martín, J.M., 2020. Hunting Tourism as a Possible Development Tool in Protected Areas of Extremadura, Spain. *Land*, 9(3),86, pp. 1-20. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9030086>
- Martínez-Garrido, E., Sánchez-Urrea, J., & Torija-Santos, R., 2010. Caza y custodia del territorio en los paisajes agrarios españoles. Territorio, paisaje y patrimonio rural: *Actas del XV Coloquio de Geografía Rural* (pp. 23). Cáceres: Servicio de Publicaciones Universidad de Extremadura.
- Mateos-Martín, J., 2015. *Estudio y cartografía del paisaje en Extremadura*. CICTEX.
- Matilainem, A., Keskinarkaus, S., & Törma, H., 2016. The economic significance of hunting tourism in east Lapland, Finland. *Human Dimensions of Wildlife*, pp.203-222. DOI: <https://doi.org/10.1080/10871209.2016.1129652>
- Mbaiwa, J., 2018 . Effects of the safari hunting tourism ban on rural livelihoods and wildlife conservation in Northern Botswana. *South African Geographical Journal= Suid-Afrikaanse Geografiese Tydskrif*, 100(1), 41-61. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10520/EJC-c70f54aaa>
- Middleton, A., 2015. *The economics of hunting Europe*.
- Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, 2016. *Banco de datos de la Naturaleza*.
- Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, 2021. *Red de Espacios Naturales Protegidos*.
- Moghimehfar, F., Harwhaw, H., & Foote, L., 2017. Hunting tourism: the case of Canadian Prairie waterfowl hunters. In *Wildlife tourism, environmental learning and ethical encounters*.
- Morais, D., Bunn, D., Hoogendoorn, G., & KC, B., 2018. The potencial role of tourism microentrepreneurship in the prevention of rhitmo poaching . *International Development Planing Review*, 40 (4), pp. 443-462.
- Muphosi, V., Gandiwa, E., Bartels, P., & Makuza, S., 2016. Trophy hunting conservation and rural development in Zimbabwe: issues, options and implications. *International Journal of Biodiversity*. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/8763980>
- Naidoo, R., Weaver, L., Diggie, R., Matongo, G., Stuart-Hill, G., & Thouless, C., 2016. Complementary benefits of tourism and hunting to communal conservancies in Namibia. *Conservation Biology*, 30 (3), pp. 628-638. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.12643>
- Nelson, F., Lindsey, P., & Balme, G., 2013. Trophy hunting and lion conservation: a question of governance? *Oryx*, 47 (4), pp. 501-509. DOI: <https://doi.org/10.1017/S003060531200035X>
- Neuman, W., Levers, F., Widemo, N., Snigh, J., Crowsight, & Kuenmerle., T., 2022. Hunting as land use: understanding the spatial associations among hunting, agriculture and forestry. *Ecology and society*, 27 (1:2). DOI: <https://doi.org/10.5751/es-12882-270102>
- Oltean, F., & Gabor, M., 2021. Cross-cultural analysis of the consumer profile of hunting tourism and trophy hunting from tradition to protected areas: study case on Romania and Spain. *Land*, 10(11), 1218. DOI: <https://doi.org/10.3390/land10111218>

- PACEC, 2014. *The economic, environmental and social contribution of shooting sport in UK*.
- Radder, L., 2005. Motives of international trophy hunters. *Annals of Tourism Research*, 32,4(1141-1144). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annals.2004.12.003>
- Rengifo, J., 2003. Usos turísticos de los recursos cinegéticos en Extremadura. *Fuentes*, pp. 342-352.
- Rengifo, J., 2008. Un segmento del turismo internacional en auge: El turismo de caza. *Cuadernos de Turismo* (22), pp. 187-210. In: <https://revistas.um.es/turismo/article/view/48181>
- Rengifo, J., 2010. Caza y turismo cinegético como instrumentos para la conservación de la naturaleza. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 30, pp. 163-186.
- Rengifo-Gallego, J., 2009. La oferta de caza en España en el contexto del turismo cinegético internacional: las especies de caza mayor. *Ería*, 78-79, pp. 53-68.
- Sánchez-Martín, J., Blas-Morato, R., & Rengifo-Gallego, J., 2019. The dehesas of Extremadura, Spain. A potencial for socio-economic development based on agrotourism activities. *Forests*, 10(80). DOI: <https://doi.org/10.3390/f10080620>
- Shen, X. Z., 2021. Multivariate similarity clustering analysis: a new method regarding biogeography and its application in global insects. *Integrative Zoology*, 16, pp. 390-403. DOI: <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12485>
- Sigursteinsdóttir, H., & Bjarnadóttir, E., 2010. Social Sustainability. *Developing Hunting Tourism in Iceland*, European Union.
- Sistema Territorial de Extremadura (SITEX), 2017. *Cartografía Dehesa*.
- Sistema Territorial de Extremadura (SITEX), 2019. *Conjuntos Históirco-Artísticos de Extremadura*.
- Sistema Territorial de Extremadura (SITEX), 2020. *Cartografía cotos de caza*.
- U.S. Fish and Wildlife Service, 2016. *National Survey of fishing, hunting and wildlife-associated recreation*. U.S. Department of the interior, U.S. Fish and Wildlife Service, U.S. Department of Commerce, U.S.; Census Bureau, Washington, D.C., USA.
- Ullah, I., & Kim, D., 2020. A model of collaborative governance for community-based trophy-hunting programs in developing countries. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 18 (3), pp. 145-160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.06.004>
- Wall, B., & Child, B., 2009. When does hunting contribute to conservation and rural development? En B. Dickson, J. Hutton, & W. Adams, *Recreational*.
- Yayla, ö., Yayla, S., & Günay Aktas, S., 2020. Geographical distribution of hunting tourism areas in Turkey. En I. Coskun, N. Othman, M. Aslam, & A. Lew, *Travel and Tourism: Sustainability, Economics, and Management Issues*, pp. 207-221. Springer.
- Zhu, J., Yang, J., Di, S., Zheng, J., & Zhang, L., 2020. A novel dual-domain clustering algorithm for inhomogeneous spatial point event. *Data Technologies and Applications*, 54, 5, pp. 603-623.

Acknowledgements

This study is part of the research carried out during the execution of the project “Agritourism in the dehesas of Extremadura: an opportunity to increase agricultural incomes and the fixation of the population in rural areas”, whose code number is IB20012. This research was funded by the Consejería de Economía, Ciencia y Agenda Digital de la Junta de Extremadura (the branch of the regional government that covers the Economy, Science, and Digital Agenda of the Regional Government of Extremadura) and by the European Regional Development Fund (ERDF).

Authorship Contributions

All authors have contributed to the complete drafting and revision of each of the parts. J.I.R.G. did most of the translation; J.M.M.S. collaborated in the drafting of the methodology and revision of the article; L.M.M.D. developed the sections on the results, cartography, conclusions, discussion, as well as the layout and revision of the article.

Funding

No funding.

Conflict of interests

There is not conflict of interests.

El gradiente educativo y la fecundidad regional en España: una aproximación en el contexto de la segunda transición demográfica

The educational gradient and regional fertility in Spain: an approach within the second demographic transition context

JORGE BLANCO IGLESIAS¹  0000-0002-0683-2006

¹ Universidad Complutense de Madrid

Resumen

La baja fecundidad en España en la actualidad, y desde hace unos años, constituye una de las grandes preocupaciones públicas, pero esta no se distribuye por igual alrededor del país ni resulta homogénea entre grupos sociales. Este artículo estudia, a partir del censo del año 2011, las diferencias regionales sobre la probabilidad de las mujeres españolas de aumentar su descendencia en función del gradiente educativo, en el nivel de las comunidades autónomas. Así, se analizan las razones de progresión en la paridez de las generaciones de mujeres con su periodo fértil terminado para, a continuación, tratar de hallar el efecto específico que el gradiente educativo haya podido tener sobre la evolución reciente de las transiciones de paridez, a través de modelos multivariados de Poisson. Se observa que, cumpliéndose la premisa individual de que un mayor nivel de estudios reduce las probabilidades de experimentar una transición de paridez, las diferencias de fecundidad entre regiones vienen dadas, mayoritariamente, por las diferencias en las proporciones del nivel educativo en las distintas etapas escolares.

Palabras clave: fecundidad; paridez; gradiente educativo; comunidades autónomas; España.

Fechas • Dates

Recibido: 2023.08.08
Aceptado: 2024.02.06
Publicado: 2024.02.29

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Jorge Blanco Iglesias
jorgeblancoi@ucm.es

Abstract

Low fertility in Spain nowadays, and since some time ago, represents one of the most important public issues, although it is not equally distributed within the country and does not happen in a homogeneous way among social groups. This article studies, employing the 2011 census, the regional differences over the probability of Spanish women of increasing their offspring according to the educational gradient, at the autonomous community's level. To achieve that, parity progression ratios of women whose fecundity period is done are analyzed, trying to figure out the effect of educational gradient over the recent parity progression, employing Poisson multivariate models. It is observed that, according to the individual premise that the higher the educational attainment, the less the chance of experiencing a parity transition, the regional differences in terms of fertility will vary, mainly, because of the different proportion of educational level at every academic stage.

Keywords: fertility; parity; educational gradient; autonomous communities; Spain.

1. Introducción

El descenso de la fecundidad en España lleva atrayendo miradas y análisis de manera específica desde los años 30 del siglo XX (Gil, 2011), aunque no fue hasta los años 60 cuando J.W. Leasure, tras la propuesta que recibió para elaborar su tesis doctoral sobre la caída de la fecundidad por territorios en España, buscando pautas análogas a las acaecidas en otro país tan católico como Irlanda (Coale y Watkins, 1986, p. xix-xx), realizó la que se podría entender como la primera investigación al respecto con técnicas avanzadas de análisis, trascendiendo el enfoque meramente descriptivo. Los resultados de dicho trabajo inspiraron el posterior *European Fertility Project* del que, entre otras cosas, se derivaron los índices de Princeton. En el contexto del este proyecto, Massimo Livi-Bacci ahondó más en la descripción y análisis del descenso de la fecundidad y nupcialidad en España, ampliando la perspectiva temporal y empleando novedosas herramientas para el momento, como las técnicas de población estable (Gil, 2011, p. 4; Livi-Bacci, 1968a, 1968b).

Desde entonces, se han sucedido un sinnúmero de trabajos que han abarcado períodos de análisis desiguales: unos realizando un recorrido de lo sucedido durante el período de la Transición Demográfica (Díez Nicolás, 1971; Nadal, 1973), con algún corolario sobre estos y sus diferentes resultados (Revenga Arranz, 1980); otros centrándose en el periodo post-transicional hasta finales del s. XX (Baizán, Aassve & Billari, 2003); y, finalmente, aquellos que se han focalizado en el momento más actual con los datos disponibles, en relación con la consolidación del régimen de muy baja fecundidad que caracteriza el comportamiento español del siglo XXI (Miret, 2019).

Si bien es cierto que muchos de estos textos tratan la temática en un nivel agregado para el conjunto del país, como los anteriormente citados, existe igualmente un número de ellos que la abordan desde un prisma territorial, ya sea para el conjunto de regiones o provincias en perspectiva comparada (Carioli, Recaño y Devolder, 2021; Delgado, 2009; Fernández Cordón, 2006) o para zonas o territorios específicos, tales como Cataluña (Cabré, 1989) o la Comunidad de Madrid (Requena, 2004).

Igualmente, también se han aplicado una amalgama de enfoques de análisis y metodologías sobre diversas fuentes de datos, entre las que se podría destacar el censo y la estadística de nacimientos del Movimiento Natural de la Población, ambas producidas por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Estas fuentes resultan fundamentales para construir los principales indicadores

demográficos relacionados con la natalidad y la fecundidad, ya sea de momento (perspectiva transversal) o de periodo (perspectiva longitudinal), a las que se pueden sumar otras de carácter local (Sanz-Gimeno y González Quiñones, 2001; Marco-Gracia, 2018; Burillo et al., 2020). Así, al empleo tradicional de indicadores de carácter general a nivel de país o región, como las tasas específicas de fecundidad (TEF), el índice sintético de fecundidad (ISF) o la edad media a la maternidad (EMM), se han incorporado más recientemente indicadores que operan en el nivel individual, como las probabilidades de agrandamiento o razones de progresión en la paridez (Devolder, 2015; Devolder, Nicolau y Panareda, 2006; Requena, 2004; Reher y Sanz-Gimeno, 2007).

De una manera u otra, la conclusión global de todos los trabajos realizados hasta la fecha, allá donde se mire, independientemente del periodo, lugar o nivel de análisis, es siempre la misma: se ha producido un descenso secular de la fecundidad en España desde finales del siglo XIX, alcanzando niveles especialmente bajos de 1991 en adelante, cuando el valor del ISF se situó por primera vez por debajo de 1,3 hijos por mujer (Esteve et al., 2021).

Esta reducción en la intensidad de la fecundidad se ha visto reflejada en la distribución de la paridez de las mujeres pues, tal y como se muestra en la tabla 1, elaborada a partir de los microdatos del censo del año 2011 sin ponderar, para la generación de mujeres nacidas entre 1930 y 1934, el mayor porcentaje se encontraba en la paridez de orden 2, con un 27,48 %, seguido por porcentajes similares, aunque menores, en los órdenes de 3 y 4 y más. Con el paso del tiempo, hasta llegar a la cohorte de nacidas entre 1955 y 1959, se ha ido asentando el modelo de familias con dos hijos, reduciéndose fuertemente las parideces superiores a la vez que ha despegado el porcentaje de mujeres con tan solo un hijo, alcanzando un 17,37 % de las mujeres de dicha cohorte. Este hecho sugiere que el descenso de la fecundidad se ha cimentado sobre un desplazamiento de las conductas de preferencia del tamaño de las familias, sumado a la posibilidad real de alcanzarlo debido a las circunstancias económicas personales (Martín, 2006).

Tabla 1. Distribución de la paridez por cohortes de nacimiento (%) en España. 1930 a 1959 en grupos quinquenales.

Cohortes	N	0	1	2	3	4+	Total
1930-1934	99765	16,50	11,34	27,48	20,31	24,37	100
1935-1939	95522	14,93	9,99	28,64	22,16	24,29	100
1940-1944	111453	14,29	9,30	31,65	23,24	21,51	100
1945-1949	127604	13,99	10,20	36,46	23,24	16,11	100
1950-1954	128365	13,99	13,21	42,09	20,65	10,06	100
1955-1959	146902	15,01	17,37	45,69	15,84	6,09	100

Fuente: Censo de Población y Viviendas 2011 (sin ponderar). INE.

Durante el proceso de la Transición Demográfica, y hasta que esta se pudo dar por finalizada a principios de los años 80 del siglo XX, según data Arango (1987), la situación de la población en España alcanzó lo que se podría denominar un estado de régimen demográfico moderno, con una mortalidad muy baja y una fecundidad alrededor del nivel reemplazo.

Sin embargo, la fecundidad del país continuó cayendo de manera ininterrumpida hasta que en 1998 se alcanzó la menor cifra registrada en su historia, de tan solo 1,13 hijos por mujer, alineándose claramente con la situación de los países del sur de Europa (Morgan & Kohler, 2011) y situándose ya entonces bajo los parámetros de lo que había hipotetizado la teoría de la segunda transición demográfica.

La prosperidad económica y el aumento de la inmigración que esta trajo consigo antes de la crisis del año 2008 permitió una ligera recuperación hasta 1,44 hijos por mujer en dicho año, para comenzar de nuevo una tendencia decreciente hasta el año 2020, cuando se volvió a situar en 1,19 hijos por mujer, cifra muy cercana a la experimentada en 1998 y afectada por la crisis del COVID-19 (Esteve, Blanes & Domingo, 2021).

Como ha sido habitual a lo largo del tiempo (Reher, 2006, p. 67), este descenso no tuvo un reflejo simétrico y homogéneo en los territorios de las CCAA. Atendiendo a la dimensión del ISF, en el año 1991 se podía apreciar una suerte de división norte-sur, donde las regiones situadas al sur de la Comunidad de Madrid, incluidos los dos archipiélagos, se encontraban por encima de la media nacional, situada en 1,33 hijos por mujer. Si para el año 1996 dicha estructura parecía mantenerse, a pesar del descenso generalizado del indicador, entre los años 2001 y 2011 se produjo un ligero incremento que dejaba de responder exactamente al patrón anterior y dinamizó la situación de regiones como Cataluña, País Vasco, Navarra, La Rioja y Aragón, situándolas al alza. Parte de esta recuperación vino motivada tanto por los grandes procesos migratorios internacionales, los cuales se tradujeron en la llegada de mujeres en edad fértil con unos niveles de fecundidad más elevados frente a las mujeres nacionales, así como por los movimientos internos de población dentro del país desde regiones cada vez más despobladas a las más urbanas y con mayor dinamismo económico (Del Rey & Ortega, 2011).

Los mecanismos de innovación y difusión, así como los diferentes ritmos de la Transición Demográfica en distintos territorios, han sido ampliamente descritos y debatidos a lo largo del tiempo, junto con las condiciones de posibilidad y razones que habrían podido dar lugar al citado descenso de la fecundidad. Una de las principales causas que se suelen establecer para explicar este fenómeno, tal y como indican Bernardi y Requena (2003), es la consecución de un alto nivel de estudios por parte de las mujeres, lo que suele situarlas a la vanguardia de tamaños familiares más reducidos, debido a que la prolongación de la etapa estudiantil y la búsqueda de una carrera profesional estable retrasan y reducen considerablemente la ventana temporal para alumbrar descendencia (Del Rey, Grande & García-Gómez, 2022).

En esta línea, se ha constatado en España la persistente relación negativa entre el nivel estudios alcanzado y la fecundidad final, lo que se conoce como gradiente educativo negativo de la fecundidad (Requena, 2022), un hecho que, lejos de resultar novedoso, supone una tendencia que se ha mantenido en el tiempo (Requena & Salazar, 2014) y, además, es común al resto de países inscritos en la tipología de estado de bienestar mediterráneo (Merz & Liefbroer, 2017). Entre las razones que se suelen argüir para explicar dicho comportamiento se pueden encontrar (Requena, 2022, p. 2): las de tipo económico, donde la mayor inversión de tiempo en el sistema educativo formal se traduce en mayores rentas futuras, con un alto coste de oportunidad asociado a la fecundidad; las de tipo cultural, alineadas con el desarrollo de la segunda transición demográfica, donde el desplazamiento de los valores culturales hacia posiciones individualistas y seculares son resultado de procesos de educación masivos que impactan sobre el tamaño de familia deseado; las de tipo instrumental, donde mayores logros educativos se asocian a un mayor conocimiento sobre medidas contraceptivas efectivas.

El fenómeno del gradiente educativo negativo difiere de lo que se ha venido observando en otros países como los del norte de Europa, donde las mujeres que alcanzan mayor nivel de estudios han acabado por situarse a la cabeza de la recuperación de la fecundidad tras la Transición Demográ-

fica, donde el segundo nacimiento llega rápidamente tras un primero tardío (Esping-Andersen & Billari, 2015).

Desde el punto de vista de la dimensión territorial del fenómeno, el descenso de la fecundidad ha sido ampliamente tratado, pudiéndose encontrar que, tal y como muestra Delgado (2009, pp. 408–409), los cambios acaecidos en el contexto temporal de lo que denomina “primera transición de la fecundidad” (desde principios del s. XX hasta 1975) fueron más heterogéneos y asíncronos que aquellos que se produjeron en la etapa de la “segunda transición” (de 1975 en adelante), en el seno de las comunidades autónomas españolas. Esto lleva a preguntarse si, en la segunda etapa de cambio en las pautas de fecundidad, el descenso se ha producido en todos los territorios con una misma intensidad relativa, cuál es la diferencia existente entre estos y, en la línea de lo expresado anteriormente, qué papel ha podido desempeñar el grado de consecución de niveles de estudios superiores por parte de las mujeres españolas en dichas diferencias territoriales, si las hubiere.

Para tratar de responder estas cuestiones, en este artículo se estudian las diferencias territoriales sobre la probabilidad de las mujeres españolas de aumentar su descendencia en función del gradiente educativo, en el nivel de las comunidades autónomas de España. De esta manera, se abordarán las diferencias territoriales existentes en la probabilidad de las mujeres de aumentar su descendencia, sus antecedentes históricos y las continuidades territoriales que estas puedan presentar en tiempos recientes, tomando en consideración, como variable independiente principal, el nivel educativo alcanzado por dichas mujeres.

Para ello, a partir de los microdatos del censo del año 2011, sin ponderar, se realizará un estudio descriptivo de las razones de progresión en la paridez de las generaciones de mujeres cuyo periodo reproductivo hubiera finalizado (nacidas entre 1930 y 1959). A continuación, sobre este mismo censo, se tratará de hallar el efecto específico que el gradiente educativo haya podido tener sobre la evolución reciente (nacidas a partir de 1960) de las transiciones de paridez entre territorios y dilucidar si se pueden hallar pautas territoriales diferenciales de comportamiento consistentes con las diferencias encontradas en la primera parte del análisis, a través de modelos multivariados de Poisson.

Los interrogantes planteados anteriormente pueden abordarse en el contexto de la conocida como segunda transición demográfica (STD), formulada primeramente por Lesthaeghe y van de Kaa (1986), con un desarrollo y ampliación en posteriores trabajos (van de Kaa, 1987; Lesthaeghe, 1994), cuya teoría se desarrolló a raíz de la observación, a partir de los años 60 del siglo XX, de un nuevo paradigma en las dinámicas de fecundidad en las sociedades occidentales. Con cifras por debajo del nivel de reemplazo (2,1 hijos por mujer) y un progresivo avance hacia formas de cohabitación alternativas al matrimonio, desvinculándolo como única vía para alumbrar descendencia, el resultado final sería una población estacionaria que, en ausencia de inmigración, podría llegar a disminuir (Lesthaeghe, 2010). España, a pesar de un comienzo tardío con respecto a los países de su entorno (Delgado, Zamora y Barrios, 2006), a finales de los 80 y principios de los 90 se encontraba comenzando su proceso de transición (Lesthaeghe, 2020).

Este trabajo cobra relevancia en tanto que, a pesar de la cantidad de escritos que existen sobre la temática del descenso de la fecundidad en España y su relación con el nivel de estudios alcanzados, especialmente bajo un prisma nacional, tal y como se ha mostrado, se ha detectado en la literatura un vacío en el abordaje sistemático de las diferencias entre todos los territorios autonómicos desde el punto de vista del comportamiento individual de las mujeres en las probabilidades

de aumentar su descendencia y, más específicamente, del efecto del nivel educativo sobre dicho fenómeno.

2. Metodología y datos

Para cubrir el objetivo de este artículo, se emplearán dos estrategias de análisis concatenadas que permitan responder a las cuestiones fundamentales que se plantean:

-En primer lugar, cuál ha sido la evolución histórica reciente en las probabilidades de experimentar una transición de paridez para las mujeres con periodo fértil finalizado en las comunidades autónomas de España. Así, se calcularán tanto para el conjunto del país como para cada una de las comunidades autónomas por separado, las razones de progresión en la paridez (PPR por sus siglas en inglés – Parity Progression Ratios), tomando como referencia las cohortes de mujeres que ya habían finalizado su periodo fértil en el año 2011, siendo estas las nacidas entre 1930 y 1959, en grupos quinquenales, a partir de los microdatos del censo de dicho año. La principal potencialidad de esta técnica reside en obtener con qué probabilidad una mujer podría tener un hijo adicional en función del número de hijos tenidos previamente (Pullum, 2004), siempre con mujeres que han terminado su periodo fértil.

-En segundo lugar, para estudiar si las diferencias regionales encontradas presentan continuidades en un periodo más reciente y cuál puede ser su principal origen, se analizará el papel que desempeña el gradiente educativo en dichas diferencias sobre la cohorte de mujeres con periodo fértil en curso. Para ello, se empleará la regresión de Poisson, una aplicación concreta de los modelos lineales generalizados, también a partir de los microdatos del censo del año 2011. En este caso, se ha seleccionado una muestra de mujeres de 29 a 49 años, nacidas entre los años 1960 y 1982, cuyo periodo reproductivo, en promedio, pudo comenzar a partir de 1985 (tomando una edad media de 25 años para las nacidas en 1960), el cual abarca perfectamente el lapso de tiempo deseado para este trabajo.

El cálculo de las PPR, un indicador adecuado para estudiar de manera retrospectiva el histórico de nacimientos de cohortes reales de mujeres supervivientes y entendido como la “probabilidad de que una mujer que ha alcanzado el orden j alcance la paridad $j+1$ ” (Pullum, 2004, p. 426), se realiza de la manera que sigue:

$$PPR_j = \left(\sum_{k>j} n_k \mid \sum_{k \geq j} n_k \right)$$

donde,

\overline{n}_k es el número de mujeres que han alcanzado exactamente k nacimientos.

Por otro lado, un modelo de regresión de Poisson se emplea para estimar la probabilidad de ocurrencia de una variable dependiente de recuento, aquella donde se cuenta el número de veces que sucede un evento, y que se estima que se rige por una distribución de Poisson (Long & Freese, 2014):

$$Pr(y|\mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}, y = 0, 1, 2, \dots$$

donde,

$-\mu$ es el promedio de eventos ocurridos y único parámetro que define la distribución, coincidente con la media y la varianza.

Así, la regresión de Poisson viene dada por la siguiente expresión:

$$\mu_i = E(y_i | x_i) = e^{x_i\beta}$$

donde para cada incremento en una unidad de x , manteniéndose el resto de las variables constantes, se puede esperar un aumento (o descenso) en la probabilidad de ocurrencia de la media de y (μ).

De esta manera, se elaborarán tres modelos de regresión que, tomando como variable dependiente el número de hijos biológicos de cada mujer (NHJOS), permitan caracterizar el efecto del nivel educativo en la fecundidad, en tanto que variable independiente principal. La variación estructural de cada región, es decir, las diferencias producidas por las características económicas y políticas en ausencia de variables individuales, se capturarán controlando por la variable comunidad autónoma, elaborándose, en primer lugar, un modelo aislado con tan solo esta dimensión. El resto de las variables independientes tenidas en cuenta en los modelos tratarán de controlar por las características sociodemográficas habituales de los individuos, como son la edad, el tipo de hábitat (urbano/rural), la nacionalidad y el régimen laboral de actividad, a la par que se agregan, como características contextuales del hogar, el tipo de hogar (familia nuclear o no), el régimen de tenencia de la vivienda y el tipo de pareja (de hecho, de derecho o sin pareja).

Por tanto, el año 2011 se tomará como punto de partida para observar la historia reciente de las pautas de fecundidad entre territorios hacia adelante y hacia atrás, realizando una modelización concreta de los comportamientos de aquellas mujeres cuyo periodo reproductivo recae en el periodo de la STD.

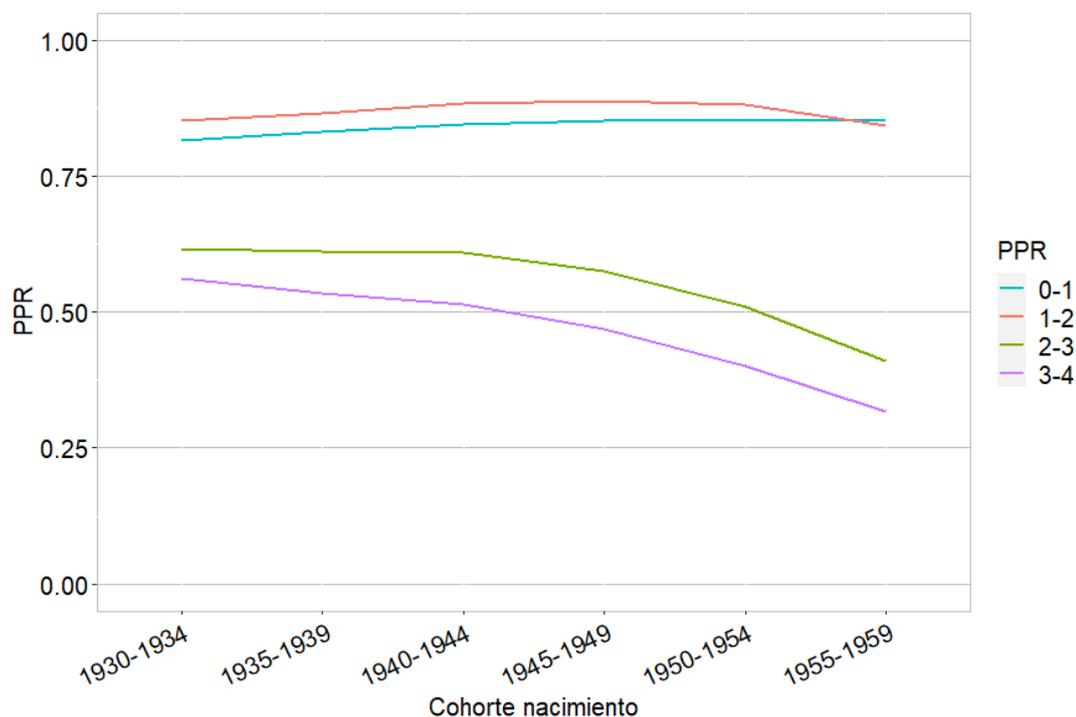
3. Resultados

3.1. PPR de las nacidas antes de 1960

Cuando se toman en consideración los valores del ISF en un lugar concreto, los valores y las diferencias entre regiones en un momento determinado, aunque puedan resultar semejantes, no necesariamente responden a una misma dinámica histórica en lo que a la distribución y progresión de paridez se refiere, en tanto que reflejo de los comportamientos individuales en relación con el ideal del tamaño de familia y las posibilidades materiales para alcanzarlo. Como se verá más adelante, ni todas las regiones partían de los mismos valores ni comenzaron el descenso al mismo tiempo. Es por ello que resulta de interés exponer las razones de progresión en la paridez para las cohortes de mujeres descritas en el apartado de metodología.

Antes de comenzar a evaluar las diferencias regionales, conviene hacer una presentación general de la dinámica que ha seguido el país en su conjunto desde el punto de vista del comportamiento individual. Las razones de progresión en la paridez no se han mantenido estáticas en el nivel nacional a lo largo del tiempo. La figura 1 muestra la evolución del comportamiento general de las cohortes de mujeres en España en relación con la probabilidad de aumento a una paridez mayor, de la manera en que describe Ryder (1986, p. 619), donde se pueden observar las probabilidades de incremento del número de hijos biológicos expresadas en términos de PPR “0-1” (línea azul), “1-2” (línea roja), “2-3” (línea verde) y “3-4 y más” (línea violeta), es decir, las probabilidades de encontrarse en un orden de paridez y saltar al siguiente.

Figura 1. PPR por cohorte de nacimiento. España. 1930-1959 en grupos quinquenales.



Fuente: Censo de Población y Viviendas 2011. INE.

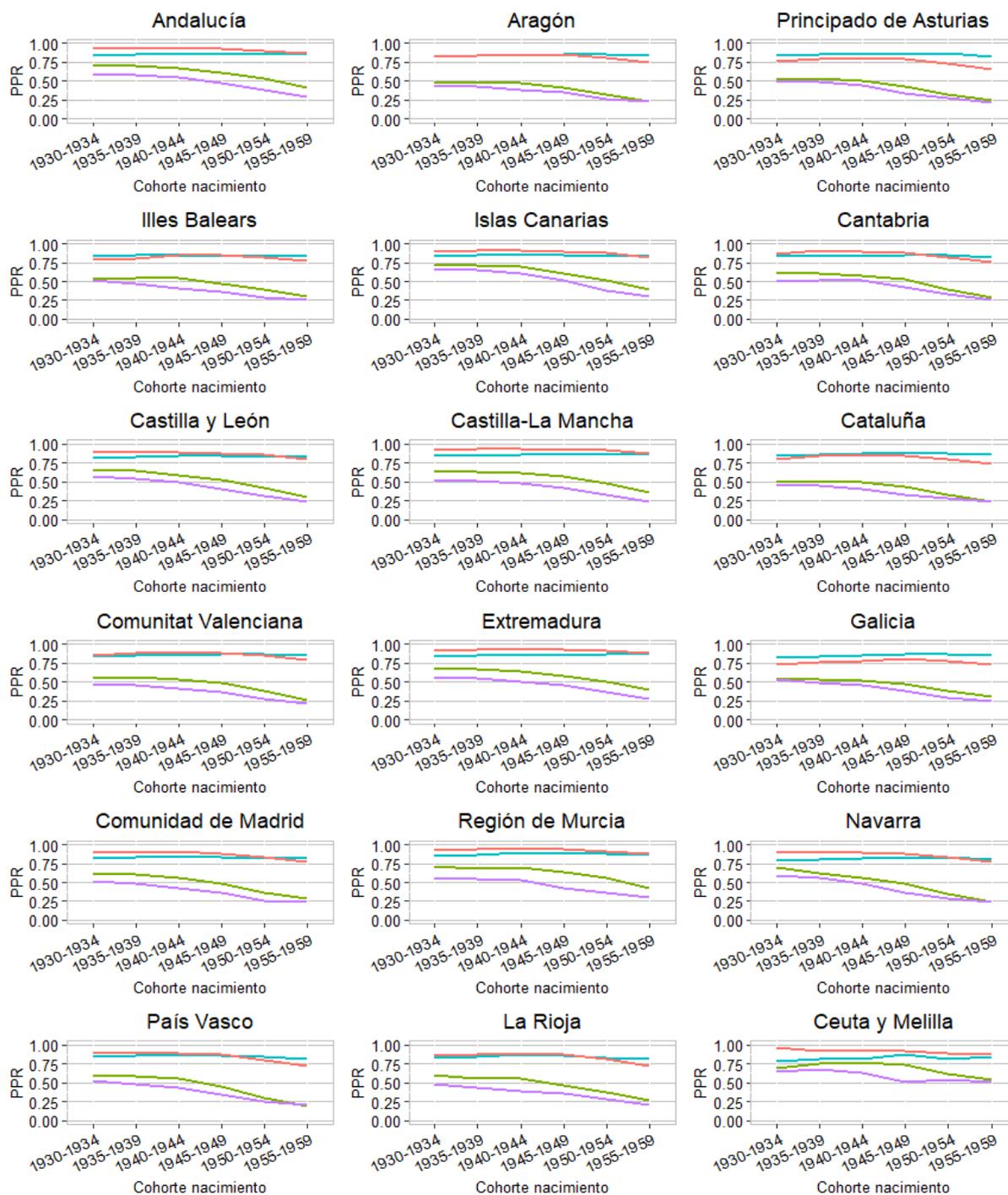
Si bien es cierto que se ha mantenido relativamente estable el número de mujeres que pasaban a tener descendencia, es decir, las que se encuentran en PPR “0-1”, se puede comenzar a observar, a partir de la cohorte 1945-1949, cómo las probabilidades de tener un segundo hijo (PPR “1-2”) comienzan a descender, por debajo incluso de PPR “0-1”. No parece coincidencia que dicha cohorte pertenezca a la cola de las mujeres del baby boom, al cual siguió un pronunciado baby bust (Van Bavel & Reher, 2013), coincidente con las mujeres que comenzaron a recortar sensiblemente el tamaño de sus familias. Pero donde sin lugar a duda se ha producido un mayor efecto ha sido en PPR “2-3” y “3-4 y más”, donde se percibe un abrupto descenso desde el comienzo de la serie analizada.

Esta misma operación, trasladada a las dinámicas territoriales, se puede apreciar en la figura 2. En términos generales, se puede dar cuenta de la estabilidad histórica reciente de la proporción de mujeres que han pasado de la situación de encontrarse sin descendencia a tener el primer hijo. Así mismo, una gran mayoría de las mujeres que alcanzaban dicho estado solían optar por experimentar una segunda transición, como se puede deducir del importante número de regiones donde la línea de PPR “1-2” se encuentra por encima de la “0-1”. A partir de las generaciones de nacidas entre 1945 y 1949, mayoritariamente, se percibe un descenso de las probabilidades de tener un segundo hijo, lo cual juega, obviamente, un papel importante en el descenso generalizado de la intensidad de la fecundidad.

Sin embargo, es a partir de la tercera transición a la maternidad, en PPR “2-3”, donde se deduce que se empiezan a producir las diferencias más importantes y lo que marca, irremediamente, el devenir del recorrido de las comunidades autónomas. Aunque en muchas de estas regiones no cabía duda de que el salto a tener un tercer descendiente ya no se producía con la misma intensidad, sí que algunas partían de un punto más alto que otras, como podría ser el caso de Andalucía,

las Islas Canarias, Extremadura, Murcia o, por supuesto, Ceuta y Melilla. En este sentido, no solo resulta importante el quantum, sino también el tempo, es decir, el calendario en que se comienza a producir el descenso, donde también se observan diferencias entre las regiones en sus distintas generaciones, pues no todas comenzaron a experimentar un acusado descenso a la vez.

Figura 2. PPR por cohorte de nacimiento. CCAA. 1930-1959 en grupos quinquenales.



Fuente: Censo de Población y Viviendas 2011. INE.

Los resultados correspondientes a las PPR regionales muestran dos grupos de territorios en cuanto a comportamiento reproductivo en términos de paridez:

- Aquellas comunidades autónomas que partían de unas proporciones más altas para todos los grupos de PPR en la cohorte 1930-1934, cuyo descenso en “2-3” y “3-4 y más” resultó más tardío y con menor intensidad, el caso de Andalucía, Murcia, Castilla-La Mancha, Extremadura y Ceuta y Melilla.
- El resto de las comunidades, donde para la cohorte 1930-1934, la distancia entre PPR “2-3” y “3-4 y más” y “0-1” y “1-2” era bastante más amplia con respecto al primer grupo y, para la última cohorte analizada, las proporciones en todas las PPR resultan también inferiores respecto al grupo anterior, siendo este el caso de Aragón, Asturias, Baleares, Cantabria, Cataluña, Comunitat Valenciana, Madrid, País Vasco o La Rioja.

Por tanto, se podría hablar de diferencias de comportamiento diferenciales entre grupos de territorios. La situación descrita sobre las PPR plantea el interrogante sobre si, después de la cohorte de nacidas entre 1955 y 1959, se mantiene la dinámica con las generaciones posteriores y cuál es el papel que desempeña el gradiente educativo en las diferencias encontradas, respuestas que se tratarán de obtener a partir de los modelos multivariados de Poisson.

3.2. Modelos de Poisson para las nacidas posteriormente a 1960

Previo a la exposición de los resultados más relevantes derivados de los modelos, en la tabla 2 figuran las principales características de las categorías de las que constan las variables contempladas para el análisis, que expresa el número de mujeres que componen cada categoría y su porcentaje sobre el total de la muestra, el promedio aritmético de hijos para las mujeres de la muestra - las contemporáneas retratadas en el censo - qué porcentaje ha tenido o no descendencia y, en caso de tenerla, cómo se distribuye en términos de paridez.

Al tratarse de resultados de una cohorte de mujeres donde una gran parte de ellas no ha alcanzado su descendencia final, resulta aconsejable interpretarlos con cautela, aunque se pueden observar de antemano ciertas características que se asemejan a hechos conocidos, como un mayor número promedio de hijos en lugares como Murcia, Ceuta y Melilla, seguidos por Extremadura, Andalucía y Castilla – La Mancha.

Tabla 2. Descriptivos de las variables empleadas en los modelos de regresión de Poisson.

	n	%	Promedio de hijos muestra	Sin hijos (%)	1 hijo (%)	2 hijos (%)	3+ hijos (%)
Comunidad autónoma							
Andalucía	105635	16,40	1,41	26,16	21,02	41,42	11,40
Aragón	24128	3,75	1,25	30,48	24,39	37,44	7,68
Asturias, Principado de	12125	1,88	0,99	37,44	32,47	25,32	4,77
Balears, Illes	11650	1,81	1,26	30,77	24,78	35,29	9,16
Canarias	21851	3,39	1,22	31,97	26,20	32,80	9,03
Cantabria	8765	1,36	1,14	33,38	27,31	32,97	6,33
Castilla y León	53916	8,37	1,21	33,24	22,76	36,24	7,76
Castilla - La Mancha	38167	5,93	1,40	26,24	20,86	41,97	10,93

	n	%	Promedio de hijos muestra	Sin hijos (%)	1 hijo (%)	2 hijos (%)	3+ hijos (%)
Cataluña	98865	15,35	1,24	30,40	25,89	35,82	7,88
Comunitat Valenciana	61282	9,51	1,26	28,44	26,70	37,42	7,44
Extremadura	20815	3,23	1,47	24,40	19,59	44,42	11,58
Galicia	33962	5,27	1,16	33,54	28,86	81,51	6,16
Madrid, Comunidad de	83451	12,96	1,12	35,20	23,74	12,79	7,89
Murcia, Región de	17386	2,70	1,45	26,22	20,77	39,68	13,34
Navarra, Comunidad Foral de	12934	2,01	1,27	32,42	20,91	37,10	9,57
País Vasco	31521	4,89	1,12	35,31	25,34	33,15	6,21
Rioja, La	5896	0,92	1,26	31,14	23,81	36,89	8,16
Ceuta	895	0,14	1,58	28,83	16,76	33,30	21,12
Melilla	846	0,13	1,70	27,66	15,25	33,57	23,52
Nivel educativo							
Primaria o menos	63945	9,93	1,65	24,57	16,90	38,38	20,15
Estudios secundarios inferiores	183405	28,48	1,45	21,67	24,20	44,06	10,07
Estudios secundarios superiores	204641	31,77	1,21	29,93	27,10	36,53	6,44
Estudios universitarios	192099	29,82	1,01	41,53	23,04	29,32	6,11
Tamaño de hábitat							
<2000 habitantes	237484	36,87	1,34	27,71	23,11	39,88	9,30
>10000 y <20000 habitantes	57656	8,95	1,33	26,59	25,20	39,26	8,95
>20000 y <50000 habitantes	76282	11,84	1,31	27,56	25,58	37,80	9,06
>50000 y <100000 habitantes	64997	10,09	1,27	29,72	24,99	36,25	9,04
>100000 y <400000 habitantes	113540	17,63	1,17	34,04	24,65	33,62	7,69
>400000 y <1000000 habitantes	38894	6,04	1,21	33,63	23,51	34,02	8,84
>1000000 habitantes	55237	8,58	1,03	42,16	22,83	27,65	7,36
Grupo de edad							
29-34 años	158874	24,67	0,72	53,25	26,41	17,05	3,29
35-39 años	157138	24,40	1,24	29,35	26,55	36,77	7,33
40-44 años	161709	25,11	1,48	21,61	22,55	45,09	10,74
45-49 años	166369	25,83	1,60	18,53	20,89	47,27	13,30
Nacionalidad							
Española	589792	91,57	1,24	30,96	23,78	37,35	7,91
Extranjera	54298	8,43	1,49	25,58	26,96	29,75	17,71
Régimen laboral							
Inactiva	72370	11,24	1,39	31,14	18,39	37,05	13,42
Activa	571720	88,76	1,25	30,43	24,77	36,66	8,14
Tipo de hogar							
Familia no nuclear	129425	20,09	0,88	51,46	19,62	21,76	7,16
Familia nuclear tradicional	514665	79,91	1,36	25,24	25,17	40,47	9,13

	n	%	Promedio de hijos muestra	Sin hijos (%)	1 hijo (%)	2 hijos (%)	3+ hijos (%)
Tipo de pareja							
Pareja de hecho (ambos solteros y otro tipo)	72806	11,30	0,76	43,97	28,04	21,20	6,79
Pareja de derecho	425093	66,00	1,07	20,56	24,00	45,35	10,09
Sin pareja, no aplica	146191	22,70	0,62	52,72	22,22	19,30	5,76
Régimen tenencia hogar							
Propia, por compra, totalmente pagada	167308	25,98	0,79	34,09	19,12	38,80	8,00
Propia, por compra, con pagos pendientes (hipotecas)	308641	47,92	1,04	26,24	27,33	38,46	7,97
Alquilada	67617	10,50	0,96	34,67	24,62	26,42	14,30
Otras formas (herencia, cedida gratis, otra forma)	100524	15,61	0,87	34,85	21,82	34,78	8,55
Total	644090	100,00	1,26	30,51	24,05	36,71	8,73

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo de Población y Viviendas 2011. INE.

Por otro lado, destaca el mayor porcentaje de mujeres con hijos en las zonas rurales y ciudades medianas frente a otras más con mayor población y ciudades grandes, en gran medida debido al nivel de envejecimiento de los núcleos rurales reducidos (Delgado y Martínez, 2019); el menor porcentaje de mujeres con hijos según aumenta el nivel educativo, fenómeno ampliamente documentado tanto en España (Requena, 2022), como en el ámbito internacional (Lazzari, Mogi & Canudas-Romo, 2021); un mayor porcentaje también de españolas sin hijos frente a extranjeras, las cuales suelen presentar unos niveles de fecundidad mayores frente a los de las autóctonas y nacionalizadas (Del Rey & Ortega, 2011); el mayor porcentaje de las inactivas en el mercado laboral frente a las activas, que podría venir dado por una parte importante de mujeres que no se han incorporado todavía al mercado laboral y, por último, la gran diferencia entre hallarse en el seno de una pareja de hecho de cualquier tipo, frente a encontrarse en un estatus de pareja de derecho. Esto último podría estar indicando que, o bien una parte importante de los nacimientos asociados a la muestra se han producido bajo una unión legal formal o, tras producirse fuera del matrimonio, como sería lo esperable en un proceso avanzado de segunda transición demográfica (un 37,34 % de los nacimientos en el año 2011), algunas o muchas parejas hayan decidido adoptar el matrimonio a posteriori como forma de unión más ventajosa para el núcleo familiar.

En términos generales, a pesar de la heterogeneidad con respecto al curso de vida de las mujeres de la muestra, delimitada especialmente por la situación sociolaboral que impone la edad y las cautelas que ello impone a la hora de enunciar conclusiones, no se encuentran grandes incoherencias. Por ello, se procede a presentar, en la tabla 3, los modelos elaborados a partir de esta por regresión de Poisson.

En primer lugar, se ha elaborado el modelo 1, tomando en cuenta exclusivamente las CCAA, en aras de estimar las diferencias regionales en ausencia de otro tipo de factores. Los resultados están expresados en exponentes de los coeficientes beta ($e\beta$) o Incidence Rate Ratio (IRR), los cuales se pueden interpretar en términos de exposición al riesgo de incrementar el número de hijos por parte de una mujer con respecto a una categoría de referencia para cada una de las variables involucradas.

Tomando como base la progresión de paridez en la Comunidad de Madrid, por situarse como territorio de referencia en una posible existencia de una dinámica norte-sur, en perspectiva transversal, Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura, Murcia, Ceuta y Melilla son las que muestran una mayor probabilidad de incremento de la paridez. Sin embargo, tal y como revelan los IRR de la tabla 3, en ausencia de cualquier otra variable, junto a Ceuta y Melilla, que siempre presentan una fecundidad más elevada, Extremadura, Murcia, Andalucía y Castilla y León quienes, con un IRR superior a 1,2 respectivamente, mostrarían una mayor probabilidad de incremento en la media del número de descendientes con respecto a la Comunidad de Madrid.

Por el lado de una menor probabilidad de aumento de la paridez, son Asturias, País Vasco y Galicia, en orden ascendente, las que muestran un menor riesgo, con un IRR de 0,85, 0,96 y 0,97, seguidas muy de cerca por Cantabria.

Tabla 3. Modelos de regresión de Poisson. Variables seleccionadas del Censo 2011. Incidence Rate Ratios (e^b).

Variable	Modelo 1 (IRR)	Sig.	Modelo 2 (IRR)	Sig.	Modelo 3 (IRR)	Sig.
(Intercepto)	1,16	***	1,56	***	0,14	***
Comunidad autónoma (base = Comunidad de Madrid)						
Andalucía	1,22	***	1,12	***	1,08	***
Aragón	1,08	***	1,04	***	0,96	***
Asturias, Principado de	0,85	***	0,83	***	0,81	***
Balears, Illes	1,08	***	1,03	***	1,00	
Canarias	1,05	***	0,98	*	1,00	
Cantabria	0,98		0,94	***	0,91	***
Castilla y León	1,04	***	0,99		0,91	***
Castilla - La Mancha	1,21	***	1,11	***	1,03	***
Cataluña	1,07	***	1,04	***	1,00	
Comunitat Valenciana	1,09	***	1,03	***	0,97	***
Extremadura	1,26	***	1,15	***	1,05	***
Galicia	0,97	***	0,92	***	0,92	***
Murcia, Región de	1,25	***	1,17	***	1,13	***
Navarra, Comunidad Foral de	1,10	***	1,08	***	0,99	
País Vasco	0,96	***	0,96	***	0,91	***
Rioja, La	1,09	***	1,04	**	0,97	**
Ceuta	1,36	***	1,24	***	1,20	***
Melilla	1,46	***	1,32	***	1,29	***
Nivel educativo (base = Estudios primarios o menos)						
Estudios secundarios inferiores	-	-	0,89	***	0,92	***
Estudios secundarios superiores	-	-	0,75	***	0,82	***
Estudios universitarios	-	-	0,63	***	0,73	***
Tamaño de hábitat (base = <2000 habitantes)						
>10000 y <20000 habitantes	-	-	-	-	1,01	
>20000 y <50000 habitantes	-	-	-	-	0,98	***

Variable	Modelo 1 (IRR)	Sig.	Modelo 2 (IRR)	Sig.	Modelo 3 (IRR)	Sig.
>50000 y <100000 habitantes	-	-	-	-	0,97	***
>100000 y <400000 habitantes	-	-	-	-	0,94	***
>400000 y <1000000 habitantes	-	-	-	-	0,93	***
>1000000 habitantes	-	-	-	-	0,86	***
Edad						
Edad	-	-	-	-	1,05	***
Nacionalidad (base = Española)						
Extranjera	-	-	-	-	1,33	***
Régimen laboral (base = Inactiva)						
Activa	-	-	-	-	1,04	***
Tipo de hogar (base = Familia no nuclear)						
Familia nuclear tradicional	-	-	-	-	1,25	***
Tipo de pareja (base = Pareja de hecho)						
Pareja de derecho	-	-	-	-	1,43	***
Sin pareja, no aplica	-	-	-	-	0,89	***
Régimen tenencia hogar (base = Propia, por compra, totalmente pagada)						
Propia, por compra, con pagos pendientes (hipotecas)	-	-	-	-	1,20	***
Alquilada	-	-	-	-	1,22	***
Otras formas (herencia, cedida gratis, otra forma)	-	-	-	-	1,06	***
Nivel de significatividad: *** p < 0,001 ** p < 0,01 * p < 0,05						

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo de Población y Viviendas 2011. INE.

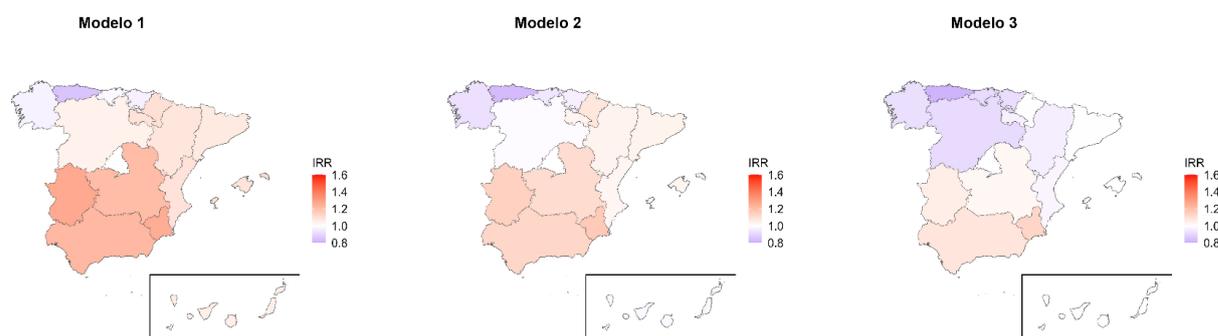
A continuación, se ha elaborado el modelo 2, el cual aporta la variable independiente principal: el nivel de estudios. En este caso se observa que, en ausencia de otras variables, el IRR frente a la categoría base, “primaria o menos”, arroja un fuerte efecto descendente según aumenta el nivel formativo, hasta llegar a 0,63 cuando se alcanzan estudios universitarios, lo cual respalda la lógica de la reducción del número de nacimientos por mujer en función del gradiente educativo.

En el modelo 3, para el cual se han introducido el resto de las variables de control que no han aparecido en los modelos 1 y 2, se modulan algunos de los resultados obtenidos previamente en los territorios. En esencia, se producen tres comportamientos diferentes:

- Autonomías que cambian de signo en la asociación, lo que implica que pasan de mayores probabilidades de transición a menores con respecto a la categoría base, como es el caso de Aragón, Baleares, Canarias, Cataluña, Comunitat Valenciana, Navarra y La Rioja.
- Autonomías que presentan unas probabilidades positivas con respecto a Madrid, antes y después, pero cuyos valores se acercan a esta comunidad, como son Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura y Murcia, además de Ceuta y Melilla.
- Por último, aquellas que se encontraban con menores probabilidades frente a Madrid, pero aumentan su diferencia negativa aún más, representadas por Asturias, Cantabria, Castilla y León, Galicia y País Vasco.

La figura 3 muestra gráficamente este comportamiento sobre los valores de los IRR de las comunidades autónomas, donde el color rojo representa IRR superiores a 1 y el color azul, inferiores a 1. Tras la introducción de las variables de control (modelo 3), se dibuja un panorama donde la práctica mayoría de las comunidades autónomas al sur de la Comunidad de Madrid, a excepción de Islas Baleares y Canarias, presentan unas probabilidades superiores estadísticamente significativas de incrementar su descendencia frente al resto de territorios situados al norte, lo cual resulta consistente con el comportamiento histórico de las transiciones de paridez expuestas en la figura 2.

Figura 3. Mapa de los IRR de modelos elaborados por regresión de Poisson. Valores CCAA.



Fuente: Elaboración propia a partir del Censo de Población y Viviendas 2011. INE.

Se puede observar que los IRR entre el modelo 2 y el modelo 3, para las comunidades autónomas situadas al sur, se encuentran muy cercanos entre sí, a diferencia de lo que ocurre con las del norte, donde se percibe una mayor distancia cuando se agregan el resto de los controles, lo cual sugiere la idea de que, en estas regiones, la dimensión del nivel de estudios cobra una relevancia especial para explicar las transiciones de fecundidad.

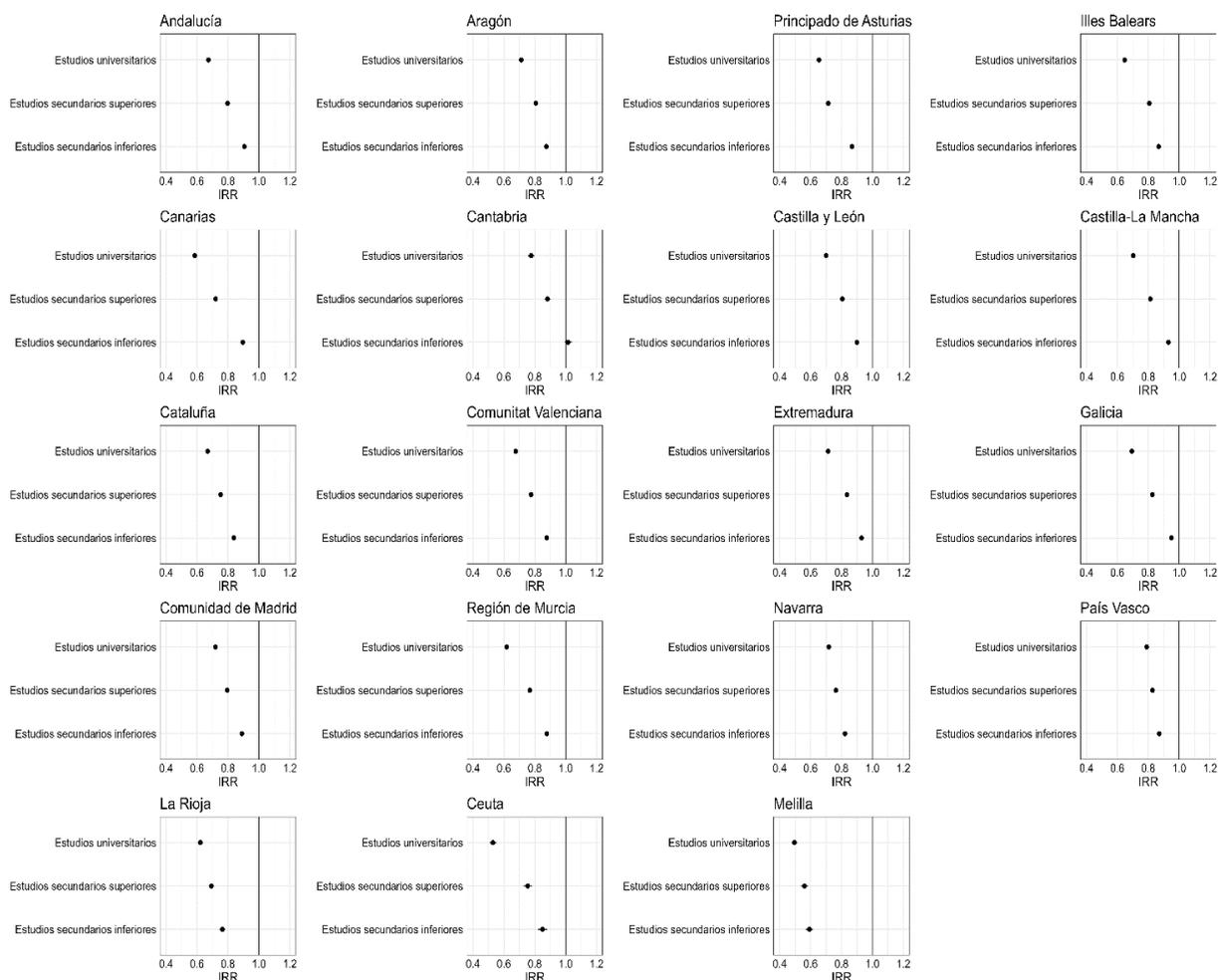
La configuración del modelo 3, además del efecto mencionado sobre los coeficientes de los territorios, presenta así mismo una moderación de los IRR en la variable del nivel de estudios. Aunque mantiene el orden y el signo, el efecto se reduce ligeramente, ya que aspectos como la edad, el tamaño del hábitat o el tipo de pareja influyen también sobre la variable objetivo, la cual no se puede explicar exclusivamente por el nivel formativo, aunque sí que ostente uno de los efectos más importante del conjunto de variables independientes.

Visto el comportamiento y rendimiento de los modelos para el conjunto del país, resulta pertinente preguntarse si esta estructura que se presenta a nivel nacional, controlando por las comunidades autónomas, se reproduce internamente en cada una de estas. Una de las ventajas del empleo de datos censales es que existe una muestra suficiente como para poder estratificar el modelo 3 por comunidades autónomas excluyendo, obviamente, la variable “CCAA”. La figura 4 muestra de manera gráfica los IRR de la variable nivel de estudios tenida en cuenta en el modelo 3, controlando por el resto de las variables, por cada una de las comunidades autónomas, incluyendo Madrid.

Una inspección rápida de la figura 4 permite establecer paralelismos entre el efecto de la variable del nivel de estudios en cada uno de los territorios y el modelo general, independientemente de la posición relativa que ocupaban con respecto a la Comunidad de Madrid en el tercer modelo.

No cabe duda de que, frente a la categoría de referencia, “estudios primarios o menos”, en general, se van reduciendo los valores de la IRR según va aumentando el nivel, tal y como sucedía en el modelo 3, aunque el tamaño del efecto varíe e incluso, en lugares como Navarra o País Vasco, la diferencia entre situarse en estudios secundarios superiores o estudios universitarios apenas sea perceptible.

Figura 4. IRR variable “nivel educativo”. Modelo 3 estratificado por cada comunidad autónoma. I.C. 95 %.



Fuente: Elaboración propia a partir del Censo de Población y Viviendas 2011. INE.

4. Discusión y conclusiones

Los resultados expuestos en el apartado anterior han permitido realizar tanto un recorrido por la historia reciente en la composición de las descendencias de las mujeres en las comunidades autónomas españolas, con un reflejo en el descenso de su descendencia final, como evaluar el papel que los distintos niveles educativos alcanzados puedan haber llevado a dichas mujeres a reducir la probabilidad de aumentar el número de hijos biológicos en un periodo reciente de tiempo, ayudando a mapear las diferencias regionales existentes.

Aunque este trabajo no emplea indicadores agregados de intensidad de la fecundidad para cubrir su objetivo, sus resultados arrojan evidencias de una disposición territorial similar. De la figura 2

se han podido deducir pautas que sitúan a un grupo de comunidades autónomas, tales como Galicia, Asturias, Cataluña o Madrid a la vanguardia de un proceso histórico de descenso de fecundidad que, a priori, parece no haber finalizado, sustentado en un menor número de transiciones a tres o más hijos, observado también por Fernández Cordón (2006), partiendo de una diferencia previa notable frente a otras como Andalucía, Murcia o Extremadura. Esta disposición parece ser no muy diferente a la que podríamos encontrar en el ISF, donde para el año 1991, por ejemplo, los patrones de fecundidad sitúan los territorios mencionados en una dinámica de comportamiento diferenciado al norte y al sur de Madrid, en la cual los primeros presentan valores claramente inferiores frente a los segundos, lo cual también observa Delgado (2004).

El desarrollo económico de muchas regiones del norte, por lo general más urbanizadas y con mayor nivel de instrucción para su población, las situó originariamente, al comienzo de la Transición Demográfica, en una posición relativa más ventajosa frente al control de su fecundidad, pauta que se mantuvo en el tiempo (Gil, 2011) y que afecta de lleno a las cohortes sobre las que se han presentado sus PPR.

Cuando se trata de estudiar dichas diferencias en un periodo más actual, los modelos elaborados han posicionado a las comunidades autónomas, como se ha mostrado en la figura 3, en distintas posiciones relativas unas respecto a otras. Mediando toda una serie de variables que han aportado información sobre características individuales y del hogar de las componentes de la muestra, en el modelo 3, se ha podido observar que, aquellas regiones donde la probabilidad de incremento de la paridez es superior a 1, se sitúan al sur de la comunidad de referencia. Así mismo, dentro de las regiones donde se ha observado una probabilidad inferior a 1, estas se encuentran situadas mayoritariamente al norte, trazándose una línea desde Galicia hasta la Comunidad Valenciana, tan solo interrumpida por la ya mencionada Navarra y Cataluña, para las cuales no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas, con un efecto más abultado en Asturias, País Vasco, Castilla y León, Galicia y Cantabria, lo cual denota que el último modelo arroja cifras consistentes con la dinámica de la evolución previa de las PPR en cada región, posicionándolas de manera similar frente a la referencia respecto de la última cohorte analizada.

Vista la coherencia de los resultados entre momentos temporales diferentes, a la hora de cuantificar el efecto que se le atribuye a una de las principales causas del descenso de la fecundidad durante el periodo correspondiente a la segunda transición demográfica (Lesthaeghe & Lopez-Gay, 2013), se ha observado que la introducción del nivel de estudios ordena especialmente la posición al sur de la Comunidad de Madrid. Como se ha comentado en la sección de resultados, la introducción de un mayor número de variables de control una vez tenida en cuenta esta dimensión apenas modifica los IRR de la variable CCAA de las comunidades al sur, salvo quizá en Extremadura. Se da la circunstancia de que esta distribución sigue una pauta parecida a los porcentajes del nivel de estudios completados para las mujeres entre 25 y 64 años en 2011, facilitados por el Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEFP) (2013). Son Ceuta y Melilla, Extremadura, Murcia, Castilla-La Mancha y Andalucía, en orden descendente, las que presentan porcentajes de estudios inferiores a la segunda etapa de Educación Secundaria superiores al 50 %, netamente por encima de la media del país (45,81 %), mientras que País Vasco, Madrid, Navarra, Castilla y León, Cantabria, Asturias, Aragón, La Rioja, Cataluña y Galicia se sitúan con los porcentajes de mujeres con estudios de educación superior superiores a la media (32,2 %).

Si, tal y como se ha observado en la figura 4, la cuestión del gradiente educativo se reproduce internamente en prácticamente cada comunidad autónoma, es decir, aquellas mujeres con estu-

dios secundarios superiores y universitarios presentan menores probabilidades de progresar en su paridez, parece razonable afirmar que, especialmente en las comunidades del sur, excluyendo las Islas Canarias, las diferencias encontradas en los IRR vengan dadas, mayoritariamente, por el menor volumen conjunto de egresadas universitarias y con estudios secundarios superiores. Así, a una igualdad aproximada del efecto del gradiente educativo en cada lugar analizado, mayor será la probabilidad de transición y, por tanto, la fecundidad total, cuanto menor sea el porcentaje de mujeres con niveles de formación académica superiores. Este hallazgo resulta consistente con otros estudios llevados a cabo bajo una perspectiva de indicadores agregados (ISF) tanto para el conjunto del país (Requena, 2022) como en el contexto de los estados de bienestar de perfil mediterráneo (Merz & Liefbroer, 2017).

A menudo, la condición de pasar más tiempo en el sistema educativo ha sido la voluntad de las mujeres de alcanzar una carrera profesional estable y duradera en el tiempo, con acceso a puestos de trabajo tradicionalmente ocupados por hombres (Carioli, Recaño & Devolder, 2021), lo cual ha llevado a una posposición de la maternidad y cuya principal consecuencia ha sido el retraso del calendario de la fecundidad y la reducción de su intensidad, vinculado también a un ideal de tamaño familiar más reducido. Este hecho conforma una de las ideas fuertes de la teoría de la segunda transición demográfica, que perfila un modelo de sociedad donde el rol de la mujer no queda relegado exclusivamente al del cuidado del hogar y aboga por una participación más activa en la esfera de la vida pública, lo cual plantea la posibilidad de pensar que aquellos territorios que se encuentren a la cola de este proceso transicional deberán ser los que se hayan visto más afectados por la relación educación-progresión de paridez. A este respecto, si se toma como referencia el índice STD1 agregado para las comunidades autónomas españolas en el año 2011, propuesto por Blanco (2023), el cual sirve para caracterizar el estado en que se encontraban con respecto al proceso de la STD las provincias de España entre 1991 y 2016, se podrá observar que las cinco regiones que puntúan más bajo son Andalucía, Murcia, Castilla-La Mancha, Extremadura y Ceuta y Melilla. Esto muestra que la mecánica descrita de los territorios a lo largo de este artículo se puede inscribir en un proceso más amplio que ofrece explicaciones plausibles a los resultados encontrados.

Por tanto, en un contexto general de baja fecundidad, se perciben claramente ciertas diferencias regionales. En respuesta a los interrogantes planteados en la introducción de este artículo, se pone de manifiesto que, hasta llegar al periodo estudiado más reciente, el año 2011, el descenso de la fecundidad no se ha producido a través de la misma composición de paridez, fuertemente influenciada por los niveles de formación alcanzados en los últimos 30 años. Así, se ha podido ver que la continuidad del comportamiento de las comunidades autónomas cuyas PPR “2-3” y “3 y 4 y más” eran superiores en las cohortes de mujeres nacidas en 1955-1959 también presentaban un mayor “riesgo” de experimentar una progresión de paridez en el contexto temporal reciente, coincidente con el periodo propuesto de la segunda transición demográfica en España.

Aunque estas conclusiones puedan llevar a pensar que, en la dinámica norte-sur planteada, la variable nivel de estudios es la única que proporciona una visión certera sobre las diferencias en las transiciones de paridez, lo cierto es que, tal y como se ha mostrado, resulta una explicación más plausible y clara para los territorios del sur que para los del norte. Algunos elementos estructurales que moldean la realidad de estos últimos, tales como la estructura por edad de la población, muy envejecida en los casos de Galicia, Cantabria, Asturias o Castilla y León, o la presencia de población extranjera en mayor o menor grado, especialmente en las áreas con mayor dinamismo

económico, plantean todo un rango de diferencias donde una composición similar de la fecundidad no tiene por qué responder necesaria y exactamente a los mismos hechos.

La mejor explicación del fenómeno en las regiones del sur constituye quizá la principal limitación de este estudio, pues el hecho de tratar el gradiente educativo como indicio de las desigualdades estructurales que afectan a la fecundidad no ha de opacar otros mecanismos que puedan estar operando de manera subyacente y que no han sido tratados en profundidad en este estudio, tales como las dinámicas migratorias, tanto internas como externas, o el mayor dinamismo y grado de especialización del mercado de trabajo en cada región. Adicionalmente, el empleo de datos censales para trazar la fecundidad de la población plantea algunos problemas como el hecho de que se pregunte a las mujeres por el número de hijos que han tenido a lo largo de su vida en lugar de incorporarlos de otros registros, con las imprecisiones que ello pueda conllevar, especialmente en las mujeres de edad más avanzada.

Bibliografía

- (MEFP), M. de E. y F. P. (2013). *Las Cifras de la Educación en España. Estadísticas e Indicadores. Curso 2010-2011*.
- Arango, J. (1987). La Modernización Demográfica de la Sociedad Española. In J. Nadal, A. Carreras, & C. Sudriá (Eds.), *La Economía Española en el Siglo XX. Una Perspectiva Histórica*. (3rd ed., pp. 201–236). Ariel Historia.
- Baizán, P., Aassve, A., & Billari, F. C. (2003). Cohabitation, Marriage and First Birth: The Interrelationship of Family Formation Events in Spain. *European Journal of Population*, 19, 147–169.
- Bernardi, F., & Requena, M. (2003). La caída de la fecundidad y el déficit de natalidad en España. *RES. Revista Española de Sociología*, 3, 29–49.
- Blanco Iglesias, J. (2023). ¿Cómo medir la evolución de la segunda transición demográfica en España? Elaboración de un índice a escala provincial (1991-2016). *Revista Internacional de Sociología*, 81(1), e224. doi:10.3989/ris.2023.81.1.21.96
- Burillo, P., Salvati, L., Matthews, S. A., & Benassi, F. (2020). Local-Scale Fertility Variations in a Low-Fertility Country: Evidence from Spain (2002–2017). *Canadian Studies in Population*, 47(4), 279–295. doi:10.1007/s42650-020-00036-6
- Cabré, A. (1989). La Reproducció de les generacions catalanes 1856-1960. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Carioli, A., Recaño, J., & Devolder, D. (2021). The changing geographies of fertility in Spain (1981-2018). *Investigaciones Regionales - Journal of Regional Research*, 50(2), 147–167. doi:10.38191/iirr-jorr.21.015
- Coale, A. J., & Watkins, S. C. (1986). *The decline of fertility in Europe*. Princeton University Press.
- Del Rey, A., Grande, R., & García-Gómez, J. (2022). Transiciones a la maternidad a través de las generaciones. Factores causales del nacimiento del primer hijo en España. *Revista Española de Sociología*, 31(2), a108. doi:10.22325/fes/res.2022.108
- Del Rey, A., & Ortega, J. A. (2011). La reproducción de la población en las provincias españolas (1975-2005). Análisis a través del reemplazo de nacimientos. *Revista Internacional de Sociología*, 69(1), 91–120. doi:10.3989/ris.2009.09.09
- Delgado, J. M., & Martínez, L. C. (2019). Composición y cambio de los comportamientos sociodemográficos en España en los inicios de una Segunda Transición Demográfica. *Cuadernos Geográficos*, 58(1), 253–276. doi:10.30827/cuadgeo.v58i1.6750
- Delgado, M. (2004). Fecundidad. In J. Leal (Ed.), *Informe sobre la situación demográfica en España. 2004*. (1st ed., pp. 85–104). Fundación Fernando Abril Martorell.
- Delgado, M. (2009). La fecundidad de las provincias españolas en perspectiva histórica. *Estudios Geográficos*, LXX, 387–442. doi:10.3989/estgeogr.0462
- Delgado, M., Zamora, F., & Barrios, L. (2006). Déficit de fecundidad en España: factores demográficos que operan sobre una tasa muy inferior al nivel de reemplazo. *Reis: Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 115, 197–222.

- Devolder, D. (2015). Fecundidad: factores de la baja fecundidad en España - Dialnet. In C. Torres (Ed.), *España 2015: Situación Social* (1st ed., pp. 85–95). Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS).
- Devolder, D., Nicolau, R., & Panareda, E. (2006). La fecundidad de las generaciones españolas nacidas en la primera mitad del siglo XX: un estudio a escala provincial. In *Revista de Demografía Histórica* (Vol. 24, Issue 1, pp. 57–90).
- Díez Nicolás, J. (1971). La Transición Demográfica en España. *Revista de Estudios Sociales*, 1, 3–72.
- Esping-Andersen, G., & Billari, F. C. (2015). Re-theorizing Family Demographics. *Population and Development Review*, 41(1), 1–31. doi:10.1111/j.1728-4457.2015.00024.x
- Esteve, A., Blanes, A., & Domingo, A. (2021). Consecuencias demográficas de la COVID-19 en España: entre la novedad excepcional y la reincidencia estructural. *Panorama Social*, 33, 9–23.
- Esteve, A., Lozano, M., Boertien, D., Mogi, R., & Cui, Q. (2021). Tres décadas de muy baja fecundidad en España. 1991 – 2018. *Working Paper*, 1–23. doi:10.31235/osf.io/kch5n
- Fernández Cordón, J. A. (2006). Natalidad y fecundidad en las regiones españolas. In J. A. Fernández Cordón & J. Leal Maldonado (Eds.), *Análisis Territorial de la Demografía Española*. 2006. (1st ed., pp. 135–180). Fundación Fernando Abril Martorell.
- Gil, F. (2011). Los Estudios sobre el Descenso Histórico de la Fecundidad en España y sus Pautas Territoriales: Un Estado de la Cuestión. *Biblio3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 16.
- Lazzari, E., Mogi, R., & Canudas-Romo, V. (2021). Educational composition and parity contribution to completed cohort fertility change in low-fertility settings. *Population Studies*, 75(2), 153–167. doi:10.1080/00324728.2021.1895291
- Lesthaeghe, R. (1994). The Second Demographic Transition in Western countries: an interpretation. In K. Oppenheim Mason & A.-M. Jensen (Eds.), *Gender and family change in industrialized countries* (1st ed., pp. 17–62). Clarendon Press.
- Lesthaeghe, R. (2010). The unfolding story of the second demographic transition. *Population and Development Review*, 36(2), 211–251. doi:10.1111/j.1728-4457.2010.00328.x
- Lesthaeghe, R. (2020). The second demographic transition, 1986–2020: sub-replacement fertility and rising cohabitation—a global update. *Genus*, 76(1), 10. doi:10.1186/s41118-020-00077-4
- Lesthaeghe, R., & Lopez-Gay, A. (2013). Spatial continuities and discontinuities in two successive demographic transitions: Spain and Belgium, 1880-2010. *Demographic Research*, 28(June 2013), 77–136. doi:10.4054/DemRes.2013.28.4
- Lesthaeghe, R., & van de Kaa, D. (1986). Two Demographic Transitions? *Population Growth and Decline*, 9–24.
- Livi-Bacci, M. (1968a). Fertility and nuptiality changes in Spain from the late 18th to the early 20th century: Part 1. *Population Studies*, 22(1), 83–102. doi:10.1080/00324728.1968.10405527
- Livi-Bacci, M. (1968b). Fertility and Nuptiality Changes in Spain from the Late 18th to the Early 20th Century: Part 2. *Population Studies*, 22(2), 211–234. doi:10.2307/2173020
- Long, J. S., & Freese, J. (2014). *Regression Models for Categorical Dependant Variables Using STATA* (3rd ed.). STATA Press.
- Marco-Gracia, F. (2018). La génesis de la Segunda Transición Demográfica en el Aragón rural (1970-2012). *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 161(January), 63–86. doi:10.5477/cis/reis.161.63
- Martín, T. G. (2006). La decisión de ser madre: fecundidad y educación en España. *Panorama Social*, 3, 95–107.
- Merz, E.-M., & Liefbroer, A. C. (2017). Cross-national differences in the association between educational attainment and completed fertility. Do welfare regimes matter? *Vienna Yearbook of Population Research*, 15, 95–120. doi:10.1553/populationyearbook2017s095
- Miret, P. (2019). ¿Reacias a la maternidad? Primofecundidad en España a principios del siglo XXI. *Encrucijadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales*, 18, 1–21.
- Morgan, S. P., & Kohler, H.-P. (2011). Understanding Family Change and Variation. In J. A. Johnson-Hanks, C. A. Bachrach, S. P. Morgan, & H.-P. Kohler (Eds.), *Understanding Family Change and Variation* (1st ed.). Springer. doi:10.1007/978-94-007-1945-3
- Nadal, J. (1973). *La Población Española (siglos XVI a XX)* (3rd ed.). Ariel.
- Pullum, T. W. (2004). Natality - Measures Based on Censuses and Surveys. In D. A. Swanson & J. S. Siegel (Eds.), *The Methods and Materials of Demography* (2nd ed., pp. 407–428). Elsevier.

- Reher, D. S. (2006). Perfiles regionales de la población española en tiempos históricos. In J. A. Fernández Cordón & J. Leal Maldonado (Eds.), *Análisis Territorial de la Demografía Española*. 2006. (1st ed., pp. 53–83). Fundación Fernando Abril Martorell.
- Reher, D. S., & Sanz-Gimeno, A. (2007). Rethinking Historical Reproductive Change: Insights from Longitudinal Data for a Spanish Town. In *Population and Development Review* (Vol. 33, pp. 703–727). Population Council. doi:10.2307/25487619
- Requena, M. (2004). La Transición de la Fecundidad de las Mujeres Madrileñas: Un Análisis De Cohortes. *Revista de Demografía Histórica*, II(XXII), 157–182.
- Requena, M. (2022). Spain's Persistent Negative Educational Gradient in Fertility. *European Journal of Population*, 38(1), 1–13. doi:10.1007/s10680-021-09599-9
- Requena, M., & Salazar, L. (2014). Education, Marriage, and Fertility. *Journal of Family History*, 39(3), 283–302. doi:10.1177/0363199014527592
- Revenga Arranz, E. (1980). La Transición Demográfica en España. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 10, 233–241.
- Ryder, N. B. (1986). Observations on the History of Cohort Fertility in the United States. *Population and Development Review*, 12(4), 617–643.
- Sanz-Gimeno, A., & González Quiñones, F. (2001). Las Mujeres y el Control de la Fecundidad. Propuesta metodológica para su identificación durante la transición demográfica. *Revista de Demografía Histórica*, XIX(II), 57–78.
- Van Bavel, J., & Reher, D. S. (2013). The baby boom and its causes: What we know and what we need to know. *Population and Development Review*, 39(2), 257–288. doi:10.1111/j.1728-4457.2013.00591.x
- van de Kaa, D. J. (1987). Europe's Second Demographic Transition. *Population Bulletin*, 42(1), 1–59.

Agradecimientos

El autor quiere agradecer a Miguel Requena y Alberto Sanz sus valiosos comentarios para la elaboración de este artículo, así como a los dos evaluadores/as anónimos/as por sus comentarios y sugerencias que han ayudado a perfilarlo definitivamente.

Financiación

Trabajo parcialmente realizado bajo contrato de Ayudas para Formación de Profesorado Universitario (FPU), convocatoria 2018, otorgada por el Ministerio de Educación y Formación Profesional. Referencia: FPU18/04841.

Conflicto de intereses

El autor de este trabajo declara que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Efectos de la variabilidad climática y las políticas hídricas en el Sitio Ramsar Lagunas de Guanacache (San Juan, Mendoza y San Luis, Argentina): cuando la gestión finaliza en los diques

Impacts of hydroclimatic variability and water policies in the Lagunas de Guanacache (San Juan, Mendoza and San Luis, Argentina): when management concludes at the dams

LEANDRO MANUEL ALVAREZ¹  0000-0002-0840-5681

JUAN ANTONIO RIVERA¹  0000-0001-7754-1612

ALDANA CALDERÓN ARCHINA¹  0009-0001-8350-4639

¹ IANGILA - CONICET - CCT Mendoza. Argentina.

Resumen

Las lagunas de Guanacache conforman un conjunto de humedales vinculados al río Desaguadero en la región de Cuyo (centro oeste de Argentina). En sus afluentes existe un alto grado de intervención hidráulica asociada a oasis artificiales, caracterizados por la producción agrícola y la provisión de los centros urbanos de Mendoza y San Juan. La concentración y distribución del recurso hídrico en los tramos altos de la cuenca se corresponde a un modelo de gestión instaurado durante la consolidación de los Estados nacional y provinciales, durante la modernización de las economías regionales. El diseño y sostenimiento de dicho modelo implicó sacrificar otras áreas, como Guanacache. La configuración territorial resultante es fragmentada y desigual: los oasis agrícolas ocupan el 4% del territorio y concentran más del 95% de su población. En efecto, la degradación se remonta a comienzos del siglo XIX y se agrava desde entonces. Atenuar este proceso requiere de proyectos y políticas de restauración. Los objetivos del presente trabajo son explorar la relación de las fluctuaciones climáticas y los caudales que modulan la hidrología superficial regional y determinar el rol de la construcción de obras de ingeniería hidráulica, como embalses y canales, en la superficie de las lagunas de Guanacache.

Palabras clave: escasez hídrica; variabilidad climática; políticas hídricas; Guanacache.

Fechas • Dates

Recibido: 2023.04.24
Aceptado: 2023.07.18
Publicado: 2024.02.29

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Leandro Manuel Alvarez
lalvarez@mendoza-conicet.gob.ar

Abstract

Guanacache Lagoons is a system of wetlands, marshes and lagoons associated with the Desaguadero River in the Cuyo region, central-west Argentina. In the upper stretches of the basins of the main rivers that feed this lagoons system, there is a large consumption of water resources and a high degree of intervention through hydraulic infrastructure built for water management. This situation began at the end of the 19th century, with the consolidation of the National State and provincial states. The outcome is a fragmented and unequal territorial configuration, where the resulting artificial oases occupy 3% and concentrate more than 95% of the population. The consequences are the degradation of the Guanacache system, making it imperative to implement comprehensive regional policies for its restoration. Therefore, the objectives of the present work are to quantify the temporal variations in the streamflow and spatial extent of the water bodies of the lagoon system, to explore the relationship with climatic fluctuations that modulate the regional surface hydrology over the last few years, and to establish the role of the construction of various engineering infrastructures such as reservoirs and canals for water distribution in regional water variations.

Keywords: drought; streamflow; climate variability; water policy; Guanacache.

1. Introducción

La problemática de la degradación y pérdida de los humedales adquiere un gran interés en el contexto actual de cambio climático global y regional (Leberger *et al.*, 2020). De acuerdo a lo establecido por la Convención Internacional de Humedales RAMSAR, proporcionan una amplia variedad de servicios ambientales y regulan el régimen hidrológico, pudiendo mitigar los efectos del calentamiento global (Davidson, 2018). Estudios recientes destacan la vulnerabilidad de los humedales frente al cambio climático, como consecuencia directa de los incrementos en las temperaturas medias y extremas y los cambios en los patrones espacio-temporales de la precipitación a escala regional (Salimi *et al.*, 2021; Wardrop *et al.*, 2019).

La región de Cuyo, en el centro oeste de la República Argentina, está integrada por los Estados provinciales de Mendoza, San Juan y San Luis. Las lagunas de Guanacache son un encadenado de bañados y humedales que originan el río Desaguadero y se extienden sobre una superficie territorial que abarca el noreste de Mendoza, sur de San Juan y noroeste de San Luis. Este sistema palustre es alimentado principalmente por los caudales superficiales de los ríos Mendoza y San Juan, por aguas subterráneas que se originan en la Cordillera de los Andes y en menor medida por el aporte del río Vinchina-Bermejo (Contreras *et al.*, 2011; Prieto y Rojas, 2012). El mismo conforma el sitio Ramsar Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero y representa el humedal más extenso de la región de Cuyo, con una extensión total de 9.623,7 km². Durante los periodos de mayor abundancia hídrica, llegó a ocupar unos 2.500 km² de superficie de agua (Calderón Archina y Alvarez, 2022).

El complejo y otrora rico humedal de las lagunas de Guanacache ha sufrido un proceso de degradación ambiental, el cual es asociado a los siguientes factores: 1) El desarrollo del modelo de producción vitivinícola regional y la consecuente reducción en los caudales de los ríos que nutren al sistema y 2) La tala sin regulación de los bosques de algarrobo dulce que rodeaban el sitio (Abraham y Prieto, 1991). Este estudio, que fue pionero en el área, indica que los caudales del río Mendoza y el río Tunuyán son intervenidos para abastecer a la región del Gran Mendoza, y las aguas retornan a sus cauces solo en época de picos máximos de precipitaciones en la Cordillera

de los Andes (Abraham y Prieto, 1991). En el caso del río San Juan, se menciona que durante veranos posteriores a inviernos con abundantes nevadas en la montaña, se abren las compuertas del dique Ullum y el paisaje de bañados y los totorales asociados se recuperan parcialmente. Consecuentemente, el funcionamiento del humedal depende de la disponibilidad de agua superficial y subterránea, que regula la productividad de biomasa y procesos asociados (Mass, 2003).

De manera que el desecamiento en Guanacache está directamente relacionado con las políticas hídricas de las provincias de Mendoza y San Juan. Estas políticas se vinculan a un modelo de gestión del agua que inicia en 1880 en el marco del proceso de especialización agroindustrial, principalmente vitivinícola (Richard Jorba, 2003), y se caracteriza por la modificación que ocasiona en el paisaje a partir de la captación y distribución del agua de los arroyos y ríos que se originan en la Cordillera de los Andes (Abraham y Prieto, 1991; Escolar *et al.*, 2012; Rojas *et al.*, 2023). La consecuente fragmentación territorial produjo una diferenciación entre zonas irrigadas y zonas secas. Las primeras, denominadas “oasis”, concentran la mayoría de la población y los recursos hídricos, en detrimento de otras áreas que fueron configuradas como “desierto” (Escolar y Saldi, 2017), como es el caso de Guanacache, y que abarcan el 97% de la superficie total provincial (Schwank *et al.*, 2014).

Para la concentración del recurso hídrico en los oasis fue necesario el diseño y construcción de una red de infraestructura hidráulica que incluye diques derivadores, azudes, canales y redes de riego abastecidos por los grandes ríos de la región: el río Mendoza, a partir de la construcción del embalse Potrerillos en el año 2001; el río San Juan, a través de la ejecución de los embalses Ullum (1980), Los Caracoles (2008) y Punta Negra (2015); el río Tunuyán, que posee en su tramo medio el embalse El Carrizal (1971). Esto se reitera en el río Malargüe, que tampoco abastece de agua al sitio Ramsar laguna de Llancanelo (Alvarez *et al.*, 2018), y en el río Atuel, situación de relevancia nacional: el caudal desaparece antes de entrar al territorio de la provincia de La Pampa y, por tal motivo, constituye un reclamo histórico que esta provincia realiza a Mendoza (Rojas y Wagner, 2016).

De acuerdo a estudios recientes, el impacto de este modelo de distribución desigual del agua es tal que la pérdida de superficie del humedal de Guanacache es del 80% para el periodo comprendido entre 1987 y 2018 (Arancibia Abraham, 2019). Se ha comprobado que se puede reformular la gestión de los sistemas de riego para liberar remanentes aguas abajo de los diques con el objetivo de restaurar ambientes de riberas y humedales (Konrad *et al.*, 2012). Esta propuesta fue aplicada en diferentes sistemas fluviales de Estados Unidos, España, Francia y Australia, entre otros países (Owusu *et al.*, 2021), y sienta las bases sobre soluciones efectivas orientadas a la recuperación de humedales afectados por la construcción de diques. Tomando en cuenta estas experiencias, emerge la necesidad de adaptar y aplicar localmente este esquema en el contexto global de cambio climático y sus proyecciones de reducción de nevadas en la Cordillera de los Andes e incremento del régimen pluvial en las llanuras.

Para una transformación en el manejo y distribución de los recursos hídricos en Cuyo, y una efectiva restauración del sistema de Guanacache, es fundamental contar con información específica sobre la dinámica del humedal. Esto incluye: su relación con el caudal que lo alimenta, los factores climáticos y el impacto de la construcción de diques y represas en las cuencas superiores. El objetivo principal del presente trabajo es evaluar el efecto del caudal del río Desaguadero en la superficie de las lagunas de Guanacache. En el análisis integramos la variabilidad climática interanual e interdecadal y las políticas de manejo de los recursos hídricos. El enfoque aplicado

permite establecer un caudal ecológico mínimo, cuyo aporte facilite las tareas de restauración que se vienen aplicando (Sosa y Amaya, 2015; Sosa et al., 2021) y promueve la recuperación integral del sistema de humedales de Guanacache.

2. Área de Estudio

Las lagunas de Guanacache (Figura 1) se conectan entre sí y fluyen hacia el río Desaguadero, el cual continúa hacia el sur marcando el límite natural entre las provincias de Mendoza y San Luis, y recibiendo aportes ocasionales de los ríos Tunuyán, Diamante y Atuel y alimentar el sistema Salado-Chadileuvú-Curacó en la provincia de La Pampa (Del Ponti et al., 2015).

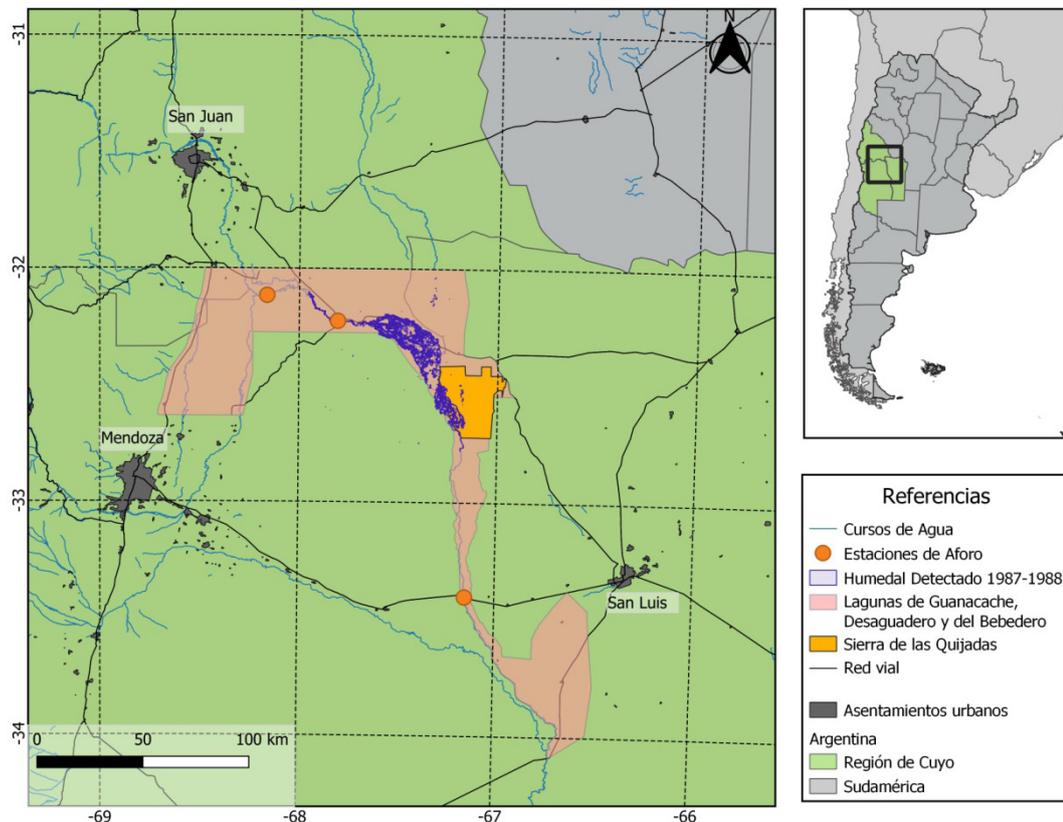
Las cuencas de los principales ríos de la región de estudio pertenecen al Sistema Hidrológico del río Colorado, el cual se extiende a lo largo del centro-oeste de Argentina en el rango latitudinal entre 28° S y 40° S. Las nacientes de estos ríos se sitúan en ambientes glaciares y periglaciares de la Cordillera de los Andes, que posee elevaciones superiores a los 5.000 m.s.n.m. con la topografía disminuyendo hacia el este, perdiendo altitud y con pendientes más suaves (Cazenave, 2015). De esta manera, el caudal de estos ríos se origina principalmente por aporte nivo-glaciar, totalizando entre 66 y 76% de la descarga total entre los meses de octubre y marzo (Lauro et al., 2019).

El Sistema Hidrológico del río Colorado forma una región homogénea en términos de la variabilidad interanual de caudales (Compagnucci y Araneo, 2005). Al abandonar las últimas elevaciones de la Cordillera de los Andes, todos los ríos se transforman en alóctonos y pierden su caudal en la llanura por infiltración o por aprovechamiento íntegro para riego (Vich et al., 2014).

La construcción de embalses y reservorios sobre los principales ríos de la región ha alterado la hidrología y el paisaje natural, con la reducción de los humedales del sistema hidrológico (Del Ponti et al., 2015). Tal es el caso del humedal denominado Ciénaga del Bermejo, uno de los más extensos de la cuenca del río Mendoza, que sufrió un marcado desecamiento a lo largo del siglo XIX, para finalmente desaparecer cerca de 1930, como consecuencia de la construcción de canales y drenajes para el desarrollo agrícola (Prieto y Rojas, 2012).

La precipitación en la región noreste de la provincia de Mendoza exhibe un régimen estival, debido a la acción del anticiclón semipermanente del Océano Atlántico Sur, que favorece el transporte de masas de aire cálidas y húmedas desde el norte y noreste de Argentina (Capitanelli, 1967). Estos sistemas, junto con la Baja de Chaco y la corriente en chorro de capas bajas, son relevantes para los intercambios de masas de aire entre los trópicos y las regiones extratropicales, modulando el transporte de calor y humedad a la porción sur de Sudamérica (Ferreira et al., 2010). Por otro lado, durante el invierno, las precipitaciones se asocian mayormente a pasajes de frentes fríos y sistemas de baja presión en altura, y en menor medida a factores orográficos (Capitanelli, 1967).

Figura 1. Localización de las Lagunas de Guanacache.



Fuente. Elaboración propia en base a datos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Sistema de Información de Biodiversidad (SIB) de la Administración de Parques Nacionales.

3. Datos y Metodología

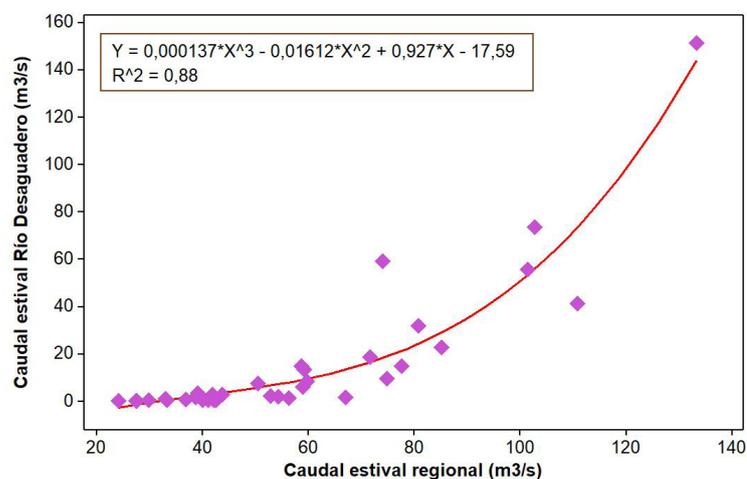
3.1. Caudales

Con el propósito de caracterizar las fluctuaciones hidrológicas regionales, se utilizaron registros de caudal medio mensual del río Desaguadero, obtenidos a partir del Sistema Nacional de Información Hidrológica (SNIH, <https://snih.hidricosargentina.gob.ar/>). Se emplearon las series temporales de los sitios de aforo Paso de las Tunitas, El Encón y Arco del Desaguadero (Figura 1). Complementariamente, se incluyeron los registros de los sitios Salto de la Tosca y Canalejas, ubicados al sur de 34° S sobre el río Desaguadero. Teniendo en cuenta que los máximos de caudal se dan durante los meses del verano austral, se consideró como año hidrológico el periodo de julio (año t) a junio (año $t+1$). A partir de estos registros, se obtuvo una serie de caudales anuales del río Desaguadero para el periodo comprendido entre los años hidrológicos 1936/37 y 2020/21. Estos registros observados fueron sometidos previamente a procesos de control de calidad y forman parte de una base de datos actualizada para la región de Cuyo (Rivera *et al.*, 2017; 2021). Para esta investigación se hace foco en la variabilidad de los caudales estivales, dado que entre los meses de octubre a marzo se generan los mayores aportes hídricos superficiales a las lagunas de Guanacache.

Los registros de caudales en el río Desaguadero presentan discontinuidades durante el periodo de análisis, la más importante entre los años 1951/52 y 1986/87. Para contrastar la variabilidad de los

caudales del río Desaguadero con las variaciones del resto de los ríos de la región, se construyó una serie considerando los registros históricos de los ríos Mendoza, Tunuyán y San Juan. Esto permitirá interpretar las variaciones de caudal del río Desaguadero en el periodo que no posee mediciones, así como también comparar las variaciones en los periodos en los que se tienen registros. Con el propósito de comparar la evolución temporal de los caudales del río Desaguadero con la variación en la superficie de las Lagunas de Guanacache, se realizó un ajuste cúbico entre los caudales observados y la reconstrucción regional a fin de obtener valores sintéticos para los años en los que no se disponen mediciones de caudales (1984/85 a 1986/87). Este ajuste presenta un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,88$ lo cual garantiza una estimación adecuada de los caudales del río Desaguadero para esos años (Figura 2).

Figura 2. Diagrama de dispersión entre los caudales estivales del río Desaguadero y los caudales estivales regionales.



Fuente. Elaboración propia con datos obtenidos del Sistema Nacional de Información Hidrológica (SNIH).

3.2. Datos satelitales

Para medir la superficie irrigada de las Lagunas de Guanacache se utilizó la plataforma abierta Google Earth Engine (GEE), la cual permite el acceso a amplias bases de datos espaciales y gran capacidad de procesamiento (Gorelick et al., 2017). Con esta herramienta se procesaron 35 mosaicos de imágenes satelitales Landsat para el periodo comprendido entre 1985 y 2020. Cada mosaico está conformado mediante una combinación de las mejores escenas disponibles. Los sensores seleccionados fueron Landsat 5-TM, Landsat 7-ETM+ y Landsat 8-OLI/TIRS, de 30 m de resolución espacial, y 7, 8 y 11 bandas espectrales, respectivamente. Los periodos definidos para la combinación fueron de octubre a marzo, época estival que corresponde al mayor aporte de agua de los ríos tributarios del sistema de Guanacache. Con esta selección se filtraron y construyeron mosaicos libres de nubes, implementando la corrección al tope de la atmósfera (TOA) y mejorando la calidad general del producto final con el algoritmo Landsat Simple Composite.

Sobre cada mosaico se aplicó un índice que consiste en una operación aritmética entre bandas espectrales y varía entre -1 y 1. Para diferenciar superficies de agua y humedales de los alrededores, se utilizó el Índice Normalizado de Diferencia de Agua Modificado (Modified Normalized Difference Water Index -MNDWI-, Xu, 2006), el cual se calcula como:

$$\text{MNDWI} = (V - \text{SWIR1}) / (V + \text{SWIR1}),$$

donde V corresponde a la banda verde y SWIR1 corresponde a la banda del Infrarrojo de Onda corta 1, bandas 2 y 5 de Landsat 5-TM y Landsat 7-ETM+ y bandas 3 y 6 de Landsat 8 OLI/TIRS. Este índice fue utilizado con buenos resultados para la detección de otros humedales de la región (Bianchi *et al.*, 2017; Alvarez *et al.*, 2018) y para estudiar los efectos de obras de restauración ejecutadas por el gobierno de la provincia de San Luis en la localidad de Desaguadero (Calderón Achina y Alvarez, 2022).

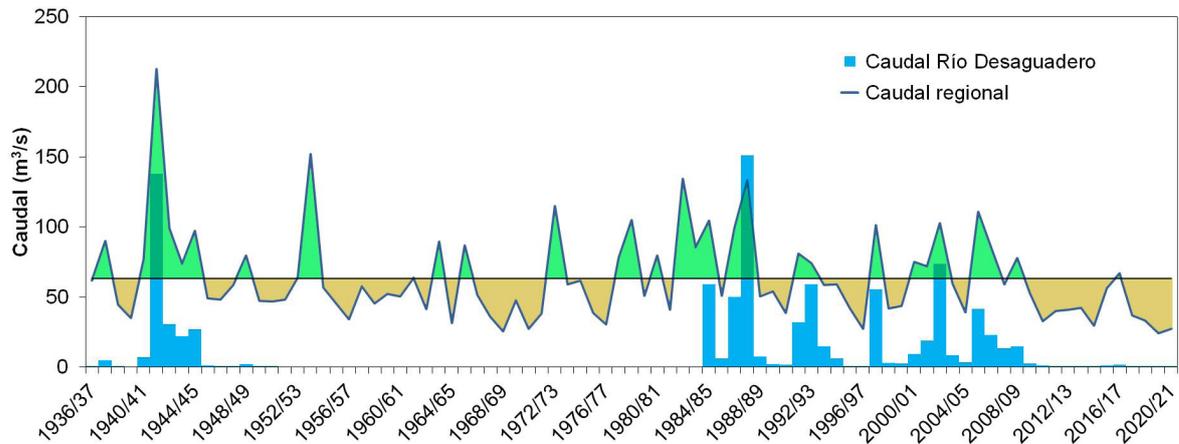
Los resultados fueron filtrados con un valor de umbral de 0.35, proyectados al sistema POSGAR 07, faja 2 y transformados a vectores para la estimación de las superficies. Para la representación cartográfica se seleccionaron dos periodos estivales: 1) 1987-1988, el año de mayor superficie detectado, y 2) 2009-2010, después de la construcción del dique embalse Potrerillos (2001) sobre el río Mendoza y la represa Los Caracoles (2008) sobre el río San Juan.

4. Resultados

4.1. Variabilidad observada en los caudales

Los caudales estivales del río Desaguadero presentan una concordancia temporal con la serie de caudales regionales para el periodo 1936/37-2020/21, donde los incrementos se asocian a la ocurrencia de periodos de excesos hídricos en el registro regional (Figura 3). Asimismo, los periodos con caudales bajos a escala regional, en particular durante los años 2010/11-2020/21, se asocian a escasos niveles de caudal en el río Desaguadero. A partir de esta relación es posible inferir el comportamiento de los caudales del río Desaguadero a lo largo del periodo que no posee mediciones, entre los años 1951/52 y 1986/87. En el mismo dominan los periodos de sequía hidrológica, en particular durante el periodo 1955/56 y 1971/72, interrumpidos por algunos años en los que los caudales superan los valores medios. Se destaca la presencia de un ciclo húmedo, parcialmente evidente en la serie de caudales anuales del río Desaguadero, el cual comienza en el año 1977/78 y finaliza en el año 1987/88, para luego continuar con una alternancia entre periodos secos y húmedos que desemboca en la ocurrencia de la sequía hidrológica reciente (2010/11-2020/21). Mediante el análisis de los periodos de caudales deficitarios a lo largo de los últimos 85 años se obtiene que ningún periodo de 10 años presentó las condiciones de sequía hidrológica observadas en el periodo 2010/11-2020/21, en el cual los caudales del río Desaguadero resultaron del orden de los 0,6 m³/s en promedio. Esto puede atribuirse tanto a fenómenos de variabilidad climática que propiciaron las condiciones de sequía como al manejo de los recursos hídricos a nivel cuenca.

Figura 3. Caudales estivales (octubre a marzo) del río Desaguadero (barras azules), junto con la serie de caudal regional (línea azul).

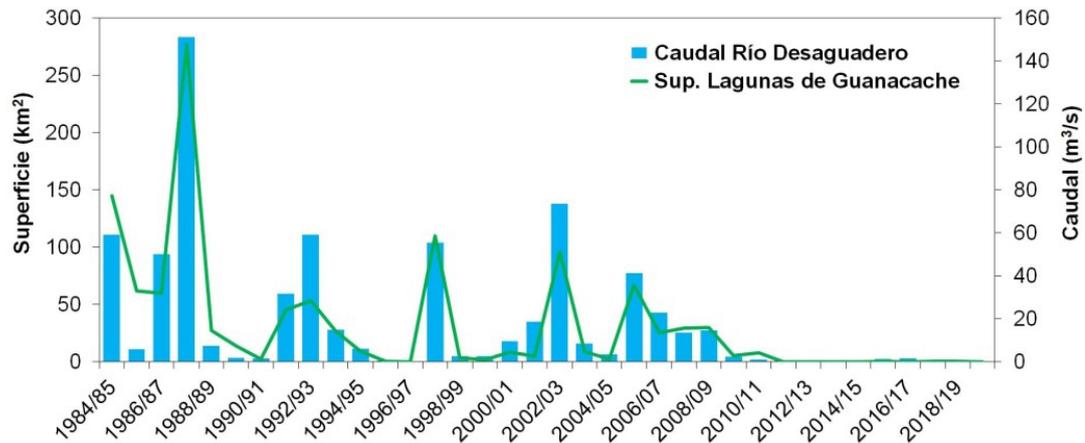


Fuente. Elaboración propia con datos obtenidos del Sistema Nacional de Información Hidrológica (SNIH). Se indican los períodos que se encuentran por encima del promedio de largo plazo (línea negra) con color verde y los períodos que se encuentran por debajo del promedio con color naranja.

4.2. Variabilidad en la cobertura de agua

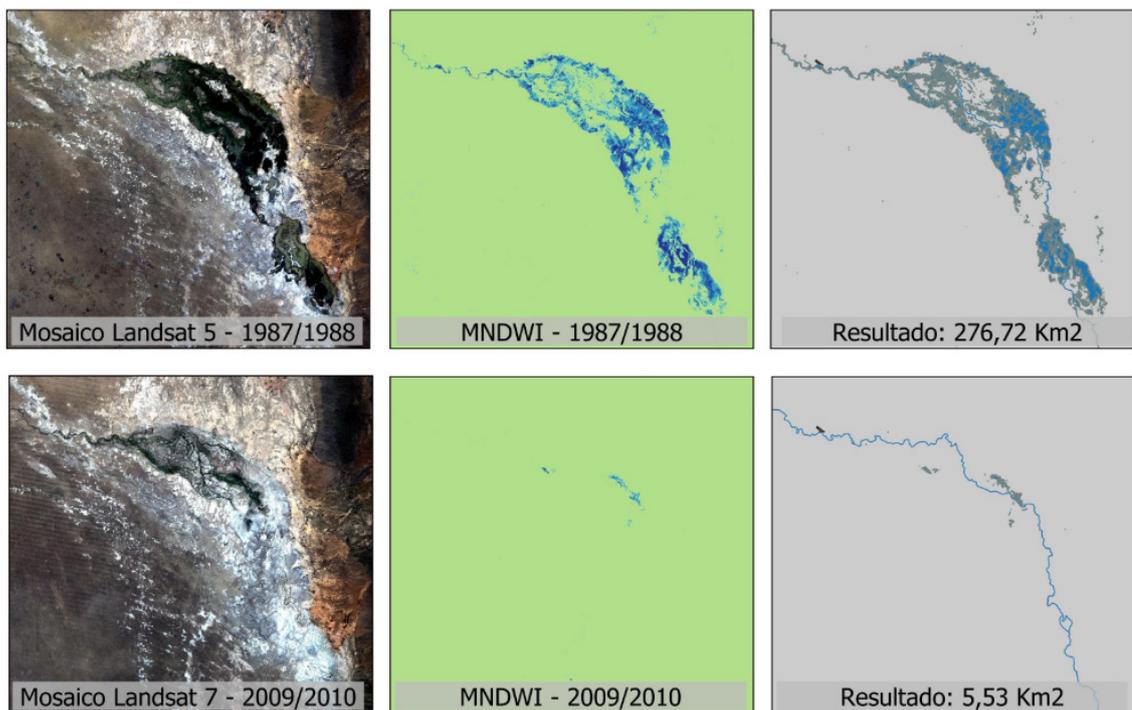
La evolución temporal de la superficie de las lagunas de Guanacache presenta una variabilidad significativamente relacionada con las fluctuaciones de los caudales estivales del río Desaguadero ($R = 0,953$, $p < 0,0001$). Se destaca la coherencia entre los valores de caudal estival y superficie de agua durante los años 1984/85 a 1986/87, lo cual corrobora que el método utilizado para estimar datos faltantes es adecuado. Se observa una predominancia de valores de superficie de agua superiores a los 25 km² entre los años 1985-1994, lo cual en parte se explica por incrementos en los caudales del río Desaguadero asociados al periodo húmedo registrado a partir de la década de 1980. Los máximos valores de superficie de las lagunas de Guanacache coinciden con los mayores caudales registrados en los aforos correspondientes al río Desaguadero, en particular para los años 1985 (144,99 km²), 1988 (276,62 km²), 1998 (109,7 km²), 2003 (95,74 km²) y 2006 (67,08 km²) (Figura 4). A modo de ejemplo, la Figura 5 muestra la cobertura de agua observada para el periodo estival 1987/88, el cual corresponde al mayor tamaño identificado a partir de las imágenes satelitales. Se observa el aporte de agua del río Desaguadero en el ingreso a las lagunas, las cuales presentan una ramificación importante en el límite entre las provincias de Mendoza y San Juan. Además, se observa una importante extensión de agua en la porción de las lagunas correspondiente al Parque Nacional Sierra de las Quijadas. La década de 2000 presentó algunos años con buenos aportes hídricos en la región, en particular durante los años 2002, 2003 y de 2006 a 2009 (Figura 4). A partir del año 2010, se observa una reducción marcada en la superficie de las lagunas de Guanacache, en consonancia con una disminución de los caudales superficiales de los principales ríos de la región. Los mínimos en la superficie de agua se dan en los años 1997, 2012, 2013, 2014 y 2020, con coberturas inferiores a 0,5 km². La Figura 5 muestra la cobertura estimada para el periodo estival 2009/10, la cual posee una extensión de 5,53 km². Se observa un importante desecamiento regional, con algunos cuerpos de agua aislados cerca del límite entre Mendoza y San Juan. Asimismo, no se observa caudal permanente en el río Desaguadero. Estos periodos de sequía hidrológica ocasionan importantes impactos negativos a los ecosistemas que dependen de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos.

Figura 4. Variación temporal de la superficie de las lagunas de Guanacache y los caudales estivales del río Desaguadero.



Fuente. Elaboración propia en base a los resultados presentados en este trabajo.

Figura 5. Procesamiento de imágenes satelitales.



Fuente. Elaboración propia.

4.3. Rol de la variabilidad climática

Las mayores superficies detectadas para las lagunas de Guanacache se relacionan con la ocurrencia del fenómeno de El Niño, el cual suele generar nevadas por encima de los valores normales que generan excesos hidrológicos a escala regional (Masiokas *et al.*, 2006). Se destacan los años 1987/88 (276,62 km²); 1997/98 (109,7 km²) y 2002/03 (95,74 km²), que corresponden a eventos El Niño de intensidad fuerte (Guckenheimer *et al.*, 2017). En particular, el periodo húmedo identificado en la década de 1980 coincide con una transición hacia una fase cálida de la Oscilación

Decadal del Pacífico (PDO por sus siglas en inglés), la cual contribuye significativamente a la variabilidad decadal de los caudales regionales (Rivera et al., 2017). Por otro lado, las menores extensiones en las lagunas de Guanacache coinciden con la ocurrencia de fenómenos La Niña, como es el caso de los años 1995/96 (0,14 km²); 2011/12 (0,05 km²) y 2017/18 (0,22 km²). Cabe destacar que desde comienzos de la década de 2000 la PDO presenta mayormente características de fase fría, en consonancia con una mayor recurrencia de eventos La Niña, lo cual podría contribuir con la generación de la sequía hidrológica que afecta la región desde el año 2010. No obstante, la variabilidad climática no siempre explica el comportamiento hidrológico en cuencas con alta influencia antropogénica. Por ejemplo, durante los años 2015/16 se dio uno de los eventos El Niño más importantes del siglo XXI. A pesar de las mayores nevadas sobre la Cordillera de los Andes, los caudales del río Desaguadero presentaron niveles muy bajos, lo cual contribuyó al tamaño reducido de los cuerpos de agua de las lagunas de Guanacache. Debe tenerse en cuenta además que las precipitaciones durante los meses cálidos no generan aportes hídricos significativos ni para el río Desaguadero ni para las lagunas de Guanacache.

4.4. Rol del manejo del agua

Desde el año 2001 a la actualidad se construyeron 3 embalses sobre dos de los ríos que alimentan el río Desaguadero, mientras que en el río Tunuyán se llevó a cabo una ampliación en el volumen de almacenamiento del Embalse El Carrizal. Si bien estos cuerpos de agua sirvieron para hacer frente a las condiciones de sequía hidrológica que afectan a la región desde el año 2010/11, garantizando el riego en los oasis productivos de San Juan y Mendoza, se postula en función de estudios previos (Abraham y Prieto, 1991; Arancibia Abraham, 2019) y en base a nuestros resultados que el manejo de agua en las porciones media y alta de las cuencas de los ríos Mendoza, Tunuyán y San Juan contribuyó en el deterioro de sus cuencas inferiores. Estos cuerpos de agua generan alteraciones en los regímenes hidrológicos, afectando a la biodiversidad y los procesos ecológicos (Di Baldassarre et al., 2021), así como también el desarrollo de actividades humanas como la ganadería en zonas áridas (Montaña et al., 2016). Eso puede inferirse a partir de las series de superficie de las lagunas de Guanacache y los caudales del río Desaguadero, que presentaron sus niveles más bajos a lo largo de los últimos 10 años (Figura 4). Cabe destacar además que la deforestación, la pérdida de cobertura vegetal por sobrepastoreo del ganado y la invasión de especies exóticas, son factores antrópicos que aceleraron el proceso de degradación de las Lagunas de Guanacache (Sosa, 2021).

Teniendo en cuenta la proyección del embalse Tambolar, emplazado sobre el río San Juan y cuya capacidad máxima proyectada es de 605 hm³, el aporte de este río al caudal del río Desaguadero será menor. Del mismo modo, el Aprovechamiento Hidroeléctrico Uspallata (EMESA, 2022) se encuentra en etapa de prefactibilidad, donde se proyecta la construcción de varias represas sobre el río Mendoza, aguas arriba del Embalse Potrerillos. El incremento en la cantidad de embalses que regulan el caudal de los ríos que componen el Sistema Hidrológico del río Colorado afectará las actividades socioeconómicas en las porciones de las cuencas que se encuentran río abajo de los oasis productivos, así como también los humedales y ecosistemas que dependen de los aportes superficiales. Asimismo, estudios previos documentaron que zonas con humedales importantes fuera de la región de estudio, como el sistema de lagunas de Puelches o los Bañados del río Atuel, resultaron seriamente afectados por las obras de aprovechamiento de agua río arriba (González y Pratts, 2016; Rojas y Wagner, 2016).

5. Discusión

En este trabajo se indaga la relación entre el caudal estival del río Desaguadero y la superficie de las lagunas de Guanacache, para un periodo de 35 años (1984/85-2020/21). Diferentes autores han explorado esta problemática (Prieto y Rojas, 2012; Rojas y Wagner, 2016), dando cuenta que las políticas hídricas que implementaron las provincias de Mendoza y San Juan, desde 1880 a la actualidad, han ocasionado el deterioro y retracción de las lagunas de Guanacache. La disminución de los aportes de agua por el consumo de recursos hídricos en los oasis irrigados en los tramos superiores de los principales tributarios del río Desaguadero, la reducción de las nevadas en alta montaña y procesos de erosión retrocedente por falta de agua son algunas de las causas de esta problemática (Abraham y Prieto, 1991; Arancibia Abraham, 2019).

En este estudio ponemos énfasis en el rol de las políticas hídricas implementadas y en la relación directa entre la reducción de los aportes de agua proveniente de los ríos Mendoza y San Juan, y la retracción de los humedales que comprenden el sistema de lagunas de Guanacache. En este sentido, los resultados son interpretados en función del desarrollo de infraestructura hidráulica en los tramos superiores de la cuenca, considerando las oscilaciones de variabilidad climática de escalas interanuales e interdecadales. Los resultados obtenidos corroboran una relación positiva y directa entre el caudal del río Desaguadero y la superficie de las lagunas de Guanacache, fundamentalmente para el periodo comprendido entre 1984/85 y 2009/10. La correlación entre el caudal estival medio y la superficie irrigada del sistema es significativa ($R = 0,953$, $p < 0,0001$). Se destaca la presencia de oscilaciones de baja frecuencia, donde eventos húmedos, asociados a la fase positiva de la PDO, que está en línea con una mayor frecuencia del fenómeno El Niño, inciden en el registro de mayores valores de caudales y tamaño de los humedales. Por otro lado, los periodos asociados a la ocurrencia del fenómeno de La Niña resultan en una disminución de los cuerpos de agua y el caudal superficial que los alimenta. Diferentes estudios sobre el rol de la variabilidad climática en el centro-oeste de Argentina, destacan cómo operan mecanismos dinámicos que favorecen déficits y excesos en la nieve acumulada sobre la Cordillera de los Andes (Masiokas et al, 2006; Rivera et al., 2017; 2021). Esto afecta significativamente el aporte al río Desaguadero y al sistema de lagunas de Guanacache (Sosa y Amaya, 2015). No obstante, para el periodo reciente entre 2010/11 y 2021/21, el rol de la variabilidad climática parece ocupar un papel secundario frente al rol del manejo de agua en las porciones superior y media de las cuencas que alimentan a la región de estudio. La reducción reciente en el tamaño de las lagunas de Guanacache, obtenida a partir del índice MNDWI, está en línea con planteos previos (Arancibia Abraham, 2019), y muestra la existencia de un proceso de deterioro gradual y desaparición de cuerpos de agua superficiales que coincide con la reducción de los caudales del río Desaguadero.

Durante el año 2015/16 se registró el evento El Niño de mayor magnitud del siglo XXI, el cual generó acumulados de nieve cercanos al promedio climatológico, no obstante, no se observó un aumento en la superficie irrigada del área de estudio asociado a ese evento. En periodos anteriores, en el caso del río San Juan, después de inviernos de abundantes nevadas en la montaña se registraba la apertura de las compuertas del dique Ullum, con lo cual el paisaje de bañados y lagunas se recuperaba parcialmente (Abraham y Prieto, 1991). Esto coincide con lo observado por pobladores de la localidad de Desaguadero que en el invierno de 2017 presenciaron una inundación parcial de sus campos. Información que se observó mediante el procesamiento de imágenes satelitales con la metodología empleada para el presente trabajo pero a escala de ha. en lugar de Km^2 (Calderón Archina y Alvarez, 2022). Este contraste entre los efectos de El Niño y la apertura de compuertas para la erogación de agua en contextos de las nevadas, se puede explicar

debido a que las crecidas no se reflejan a una escala regional de paisaje pero sí pueden detectarse y operar a escala local.

Una revisión de las políticas hídricas que se implementan podría derivar en una reparación histórica de las lagunas de Guanacache, en las cuales se vienen aplicando diferentes tareas de restauración, por parte de las comunidades en conjunto con organizaciones no gubernamentales (Sosa et al., 2021) y el gobierno de la Provincia de San Luis, el cual ha ejecutado parcialmente obras destinadas a retener el agua e incrementar la superficie de los humedales (Calderón Archina y Alvarez, 2022). Estas tareas de restauración que se han realizado a menor escala y las obras ejecutadas parcialmente en las inmediaciones de la localidad de Desaguadero, podrían potenciarse y completarse con la voluntad política de las Provincias que intervienen la cuenca aguas arriba.

Estudios realizados sobre la disponibilidad hídrica en el Oasis Norte de la Provincia de Mendoza señalan que la eficiencia global de riego tiene un valor aproximado del 35% (Torres et al., 2003), un 95,2% de la demanda de agua corresponde al sector agrícola y si se realizarán mejoras en la matriz de distribución y en la industria en general se podría optimizar el consumo en un 37,4% (Duek, 2017). Medidas complementarias como la captación de agua pluvial, el reemplazo de especies forestales exóticas por plantas nativas y xerófitas en el arbolado público y los jardines, y mayor divulgación ambiental, pueden promover una cultura del cuidado del agua y un mejor uso de los recursos. Esta serie de reformas requiere de consenso y voluntad política, independiente de los partidos que se encuentren al mando del poder ejecutivo. Una modificación en el modelo de gestión de los recursos, mejoras en la infraestructura de riego y distribución urbana, y una mayor eficiencia de consumo de agua, podrían asegurar un aporte mínimo y estable de los ríos Mendoza y San Juan, mediante la liberación de un flujo constante de agua y promover la recuperación gradual del sistema de lagunas y bañados de Guanacache. Este tipo de iniciativas fueron llevadas a cabo exitosamente en otras regiones del mundo, lo cual muestra el potencial del manejo de represas y reservorios como estrategia para la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas (Konrad et al., 2012; Owusu et al., 2021).

En términos globales, en el periodo previo a la desaparición de las lagunas de Guanacache, que comprende los años 1984/85-2010/11, hay una expansión de los oasis irrigados relacionada con inversiones de capitales internacionales (Martín y Larsimont, 2016) y un incremento en la demanda de recursos hídricos y la explotación de agua subterránea (Torres et al., 2005). En este escenario, el cambio climático y la emergencia hídrica actúan como agravantes. Esta situación se asocia con la intervención de la cuenca, debido a la construcción de diversas obras de ingeniería como embalses, diques derivadores y otros sistemas de distribución de agua. Es necesario aclarar que las obras de infraestructura hidráulica son herramientas de gestión de los recursos, y el uso y regulación dependen fundamentalmente de las políticas que se implementan. Para seguir explorando la relación entre las políticas hídricas, la variabilidad climática y el rol de las provincias de Mendoza y San Juan en la degradación de los humedales de Guanacache, se requiere de estudios orientados al estudio de la dinámica hidrogeológica y la recarga subterránea.

La gestión hídrica regional no necesariamente garantiza la seguridad hídrica para las comunidades locales río abajo de los principales centros urbanos y para las necesidades ambientales en las porciones bajas de las cuencas involucradas. La determinación e implementación de caudales ecológicos como instrumento para la recomposición de los humedales de la región debe ser llevada a cabo lo antes posible, a fin de remediar el daño ambiental causado por las actividades socioeconómicas desarrolladas en los tramos medio y alto de las cuencas hídricas que forman

parte del río Desaguadero. Si bien existen diversas metodologías para estimar valores de caudal ecológico, algunos estudios sugieren como medida simple el caudal excedido el 90% del tiempo (Q90) como un indicador de las necesidades ambientales a nivel cuenca (Ren et al., 2018). De esta forma, podría establecerse un valor aproximado de caudal ecológico para el río Mendoza de 4,77 m³/s y para el río San Juan de 5,79 m³/s, lo cual constituiría aproximadamente un valor de 10 m³/s en el río Desaguadero. Esto permitiría la restauración del sistema de lagunas de Guanacache, la recuperación de los servicios ambientales que provee, los beneficios para los pobladores locales y su consecuente puesta en valor.

6. Conclusiones

Esta investigación cuantifica la dinámica superficial de las lagunas de Guanacache en el centro-oeste de Argentina, mediante el procesamiento de imágenes satelitales, y su nexa con la hidrología regional, a partir del análisis de los caudales de los principales ríos de la región. El rol de la variabilidad climática, cuya influencia fue muy relevante en la década de 1980, parece quedar relegado desde el año hidrológico 2010/11, donde a la situación de sequía hidrológica se le superpone un agravamiento como consecuencia del manejo del agua en las porciones superior y media de las cuencas de los ríos Mendoza y San Juan. Esto dio como resultado la desaparición casi total de los humedales y bañados de este sistema. Los cuales, como ya hemos mencionado, integran la Lista de humedales de la Convención Ramsar desde 1999 y 2007 (año en que se sumó el territorio correspondiente a San Luis). Si bien esta declaración señala la importancia ecológica de estos humedales y la necesidad de conservarlos, si no es acompañada de proyectos y medidas destinadas a la restauración de este sistema, su mera inclusión en la Lista no alcanza. Es decir, se requiere del acompañamiento político y económico del Estado, en sus diferentes niveles (municipal, provincial y nacional), a través de proyectos y políticas que promuevan su recuperación y aseguren su protección.

La recuperación de la trayectoria ecológica de los humedales depende fundamentalmente de la degradación del sitio y el nivel de conservación de los alrededores (Lindig-Cisneros y Zambrano, 2007). En este sentido, realizar liberaciones de agua programadas desde los diques y represas, y asegurar la disponibilidad y estabilidad de un flujo hidrológico mínimo es clave para el funcionamiento de los ecosistemas, su productividad e integridad ambiental (Mass, 2003), como es el caso específico de Guanacache. En función de los datos de caudales de los principales ríos que alimentan de las lagunas, es posible establecer un caudal ecológico mínimo preliminar de 10 m³/s para la restauración integral del sistema. Este flujo de agua permanente podría potenciar notablemente las tareas de restauración que se realizan a escala local con las comunidades (Sosa et al., 2021) y promover la finalización de obras pendientes para la recuperación de los humedales de Guanacache que realizó parcialmente la provincia de San Luis (Calderón Archina y Alvarez, 2022). El cambio que proponemos en el manejo de los recursos hídricos es necesario e inminente si tomamos en cuenta las proyecciones de cambio climático y la emergencia hídrica imperante. Ante este escenario, la adaptación y capacidad de gestión de crisis serán fundamentales, así como una distribución más equitativa de los recursos.

Bibliografía

- Abraham, E., & Prieto, M. D. R. (1991). Contributions of historical geography to the study of process of landscape change: the case of Guanacache, Mendoza, Argentina. *Bamberger Geographische Schriften*, 11, 309-336.

- Alvarez, L. M., Meglioli, P., Rivera, J.A., Bianchi, L.O., Martín, S. & Sosa, H. (2018). Efectos de la variación hidrológica sobre la dinámica poblacional del flamenco austral (*Phoenicopterus chilensis*) en el sitio Ramsar Laguna de Llanquanelo, Mendoza, Argentina. *Ornitología Neotropical*, 29, 275–280.
- Arancibia Abrahan, V. (2019). Fluctuación espacio-temporal del complejo de Lagunas de Guanacache, Divisadero y Bebedero durante 1987-2018. *Boletín de Estudios Geográficos*, (112), 161-180. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/beg/article/view/3396>
- Boelens, R. (2014). Cultural politics and the hydrosocial cycle: Water, power and identity in the Andean highlands. *Geoforum*, 57, 234-247. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.02.008>
- Calderón Archina, A., & Alvarez, L. (2022). Políticas del agua y de restauración de los humedales en lagunas de Guanacache: aproximaciones a un diálogo transdisciplinario. *Boletín de Estudios Geográficos*, (117), 11-32. <https://doi.org/10.48162/rev.40.012>
- Capitanelli, R. (1967). Climatología de Mendoza. *Boletín de Estudios Geográficos*, 14(54-57), 409-409.
- Cazenave, H. W. (2015). La cuenca del río Desaguadero: Un caso de desertificación por acción antrópica. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, 225-236. <https://doi.org/10.18766/2446-6549/interespaco.v1n2p225-236>
- Compagnucci, R. H., & Araneo, D. C. (2005). Identificación de áreas de homogeneidad estadística para los caudales de ríos andinos argentinos y su relación con la circulación atmosférica y la temperatura superficial del mar. *Meteorológica*, 30(1-2), 41-53.
- Contreras, S., Jobbágy, E. G., Villagra, P. E., Nosetto, M. D., & Puigdefábregas, J. (2011). Remote sensing estimates of supplementary water consumption by arid ecosystems of central Argentina, *Journal of Hydrology* 397, 10-22. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.11.014>
- Davidson, N. C. (2018). Ramsar convention on wetlands: Scope and implementation. In C. M. Finlayson, M. Everard, K. Irvine, R. J. McInnes, B. A. Middleton, A. A. van Dam, & N. C. Davidson (Eds.), *The Wetland Book I: Structure and function, management, and methods* (pp. 451-458). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9659-3_113
- Del Ponti, O., Cabrera, G. C., Vignatti, A. M., & Echaniz, S. A. (2015). Dynamics of the limnological parameters and zooplankton of La Brava, a shallow lake of the Atuel-Salado-Chadileuvú-Curacó system (La Pampa, Argentina). *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 3 (6), 193-199. <http://dx.doi.org/10.12691/aees-3-6-5>
- Di Baldassarre, G., Mazzoleni, M., & Rusca, M. (2021). The legacy of large dams in the United States. *Ambio*, 50(10), 1798-1808. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01533-x>
- Duek, A.E. (2017). Reseña de Tesis: Uso sostenible del agua en Mendoza. Estimación de la disponibilidad hídrica actual y escenarios futuros. *Cuyonomics. Investigaciones en Economía Regional* 1 (1): 94-99.
- Empresa Mendocina de Energía Sociedad Anónima (EMESA) (2022). Aprovechamiento Uspallata. Disponible en <https://emesa.com.ar/proyectos/aprovechamiento-uspallata/> (fecha de acceso: 26 de diciembre de 2022).
- Escolar, D., & Saldi, L. (2017). Making the indigenous desert from the European oasis: The ethnopolitics of water in Mendoza, Argentina. *Journal of Latin American Studies*, 49(2), 269-297. <https://doi.org/10.1017/S0022216X16001462>
- González, R.V., & Pratts, P.B. (2016). Usos del río Desaguadero – Salado en la alta cuenca y sus consecuencias en La Pampa. 3er Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos (IFRH) 2016, 6 y 7 de octubre, Ezeiza, Buenos Aires, Argentina.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Guckenheimer, J., Timmermann, A., Dijkstra, H., & Roberts, A. (2017). (Un)predictability of strong El Niño events. *Dynamics and Statistics of the Climate System*, 2(1), dzx004. <https://doi.org/10.1093/climsys/dzx004>
- Konrad, C. P., Warner, A., & Higgins, J. V. (2012). Evaluating dam re-operation for freshwater conservation in the sustainable rivers project. *River Research and Applications*, 28(6), 777-792. <https://doi.org/10.1002/rra.1524>
- Lauro, C., Vich, A., & Moreiras, S.M. (2019). Streamflow variability and its relationship with climate indexes in western river basins of Argentina. *Hydrological Science Journal*, 57 (1), 607-619. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1594820>
- Leberger, R., Geijzendorffer, I. R., Gaget, E., Gwelmami, A., Galewski, T., Pereira, H. M., & Guerra, C. A. (2020). Mediterranean wetland conservation in the context of climate and land cover change. *Regional Environmental Change*, 20(2), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01655-0>

- Lindig-Cisneros, R. & Zambrano, L. (2007). Aplicaciones prácticas para la conservación y restauración de humedales y otros ecosistemas acuáticos. En: Óscar Sánchez, Mónica Herzig, Eduardo Peters, Roberto Márquez-Huitzil y Luis Zambrano (Eds.), *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*, (pp. 167-188). Instituto Nacional de Ecología, México.
- Martín, F., & Larsimont, R. (2016). Agua, poder y desigualdad socioespacial. Un nuevo ciclo hidrosocial en Mendoza, Argentina (1990-2015). *Merlinsky, G.(comp.). Cartografía del conflicto ambiental en Argentina II. Buenos aires, CICCUS-CLACSO*, 31-56.
- Masiokas, M., Villalba, R., Luckman, B. H., Le Quesne, C., & Aravena, J. C. (2006). Snowpack variations in the Central Andes of Argentina and Chile, 1951-2005: large-scale atmospheric influences and implications for water resources in the region. *Journal of Climate* 19, 6334-6352. <https://doi.org/10.1175/JCLI3969.1>
- Mass, M. (2003). Principios generales sobre manejo de ecosistemas. En O. Sánchez, E. Vega, E. Peters & O. Monroy-Vilchis (Eds.), *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México*, (pp. 117-137). Instituto Nacional de Ecología, México.
- Montaña, E., Diaz, H. P., & Hurlbert, M. (2016). Development, local livelihoods, and vulnerabilities to global environmental change in the South American Dry Andes. *Regional Environmental Change*, 16(8), 2215-2228. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0888-9>
- Owusu, A. G., Mul, M., van der Zaag, P., Slinger, J. (2021). Re-operating dams for environmental flows: From recommendations to practice. *River Res Applic*, 37, 176-186. <https://doi.org/10.1002/rra.3624>
- Prieto, M. D. R., & Rojas, F. (2012). Documentary evidence for changing climatic and anthropogenic influences on the Bermejo Wetland in Mendoza, Argentina, during the 16th-20th century. *Climate of the Past*, 8(3), 951-961. <https://doi.org/10.5194/cp-8-951-2012>
- Ren, K., Huang, S., Huang, Q., Wang, H., & Leng, G. (2018). Environmental Flow Assessment Considering Inter- and Intra-Annual Streamflow Variability under the Context of Non-Stationarity. *Water*, 10(12), 1737. <https://dx.doi.org/10.3390/w10121737>
- Rivera, J. A., Otta, S., Lauro, C., & Zazulie, N. (2021). A decade of hydrological drought in Central-Western Argentina. *Front. Water*, 3, 640544. <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.640544>
- Rivera J. A., Araneo D. C., & Penalba O. C. (2017). Threshold level approach for streamflow droughts analysis in the Central Andes of Argentina: A climatological assessment. *Hydrological Sciences Journal*, 62(12), 1949-1964. <https://doi.org/10.1080/02626667.2017.1367095>
- Rojas, J. F., & Wagner, L. (2016). Conflicto por la apropiación del río Atuel entre Mendoza y La Pampa (Argentina). *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña (HALAC) revista de la Solcha*, 6(2), 278-297. <https://doi.org/10.5935/2237-2717.20160016>
- Rojas, F., Sironi, O., & Martín, F. (2023). Water scarcity in Mendoza (Argentina): a socio-historical look from the second half of the 19th century. *Agua Y Territorio / Water and Landscape*, (22), 147-166. <https://doi.org/10.17561/at.22.7134>
- Salimi, S., Almuktar, S. A., & Scholz, M. (2021). Impact of climate change on wetland ecosystems: A critical review of experimental wetlands. *Journal of Environmental Management*, 286, 112160. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112160>
- Schwank, J., Escobar, R., Girón, G. H., & Morán-Tejada, E. (2014). Modeling of the Mendoza river watershed as a tool to study climate change impacts on water availability. *Environmental Science & Policy* 43, 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.01.002>
- Sosa, H. J., & Amaya, N. E. (2015). Restauración ecológica participativa de humedales en el sitio Ramsar Lagunas de Guanacache-Desaguadero-Bebedero, Mendoza, Argentina. *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina*. Mendoza: Editor Eduardo Martínez Carretero, 179-199.
- Sosa, H. J., Amaya, N., Blanco, D., Rodríguez, S., Aloy, G., Peralta, P., Sosa, J., & Delgado, J. (2021). Restauración ecológica de humedales del Monte. Técnicas participativas en el sitio RAMSAR Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero (provincias de Mendoza y San Luis, Argentina). *Multequina*, 30(2), 285-301.
- Torres, E., Abraham, E., Torres, L., & Rubio, C. (2005). El poder del agua en las tierras secas de Argentina. En: Fernández Cirelli, A. y E. Abraham (Eds.) *Uso y Gestión del Agua en Tierras Secas. Vol. XI, El agua en Iberoamérica. CYTED Área IV, Desarrollo Sostenible*, (pp 165-182). Mendoza, Argentina. ISBN 987-43-8181-7.
- Vich, A. I. J., Norte, F. A., & Lauro, C. (2014). Análisis regional de frecuencias de caudales de ríos pertenecientes a cuencas con nacientes en la Cordillera de los Andes. *Meteorológica*, 39(1), 3-26.

- Wardrop, D. H., Hamilton, A. T., Nassry, M. Q., West, J. M., & Britson, A. J. (2019). Assessing the relative vulnerabilities of Mid-Atlantic freshwater wetlands to projected hydrologic changes. *Ecosphere*, 10(2), e02561. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2561>
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International journal of remote sensing*, 27(14), 3025-3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>

Contribución de autorías

Leandro Manuel Alvarez tuvo la idea principal, realizó el análisis de imágenes satelitales y redactó el manuscrito. Juan Rivera efectuó el análisis climático y el estudio de los caudales y colaboró con la redacción del manuscrito. Aldana Calderón Archina, además de colaborar con la escritura del manuscrito, realizó trabajo de campo etnográfico en el área de estudio. Su experiencia en terreno fue clave para articular el estudio de factores climáticos con factores sociales y políticos y variables históricas.

Financiación

El trabajo fue realizado en las instalaciones del IANIGLA CONICET

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Ciudades y conectividad: transporte aéreo y ferroviario de alta velocidad en España

Cities and connectivity: Air transportation and high-speed rail in Spain

ROBERTO DÍEZ-PISONERO¹  0000-0002-7817-628X

¹ Universidad Complutense de Madrid

Resumen

Basándose en teorías clásicas de carácter gravitacional y utilizando técnicas estadísticas apoyadas en análisis de regresión, de correlación y de conglomerados, este trabajo analiza el significado diferencial de los centros españoles en las redes de transporte aéreo y de la alta velocidad ferroviaria (AVF).

Los resultados muestran la fuerte distorsión entre las redes y jerarquías aérea y ferroviaria españolas frente a la jerarquía urbana. Se evidencia, así, que las redes de transporte no responden exclusivamente a una demanda demográfica (relación que existe en cada aeropuerto o estación de AVF entre el número de pasajeros que lo utilizan y el volumen demográfico que podría ser usuario potencial de estas infraestructuras), sino que intervienen otros factores que explican esta disparidad.

Esta distorsión entre las redes y jerarquías permitirá ahondar en una profunda discusión que analizará las particularidades en la configuración de las redes españolas de transporte aéreo y de AVF.

Palabras clave: geografía urbana, redes, sistema urbano, transporte aéreo, alta velocidad ferroviaria.

Fechas • Dates

Recibido: 2023.05.15
Aceptado: 2023.06.20
Publicado: 2024.02.29

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Roberto Díez-Pisonero
robertod@ucm.es

Abstract

Based on classical theories of a gravitational nature and using statistical techniques supported by regression, correlation and conglomerate analyses, this paper analyzes the differential significance of Spanish centers in the air transport and high-speed rail (HSR) networks.

The results show the strong distortion between the Spanish air and rail networks and hierarchies compared to the urban hierarchy. It is evident, therefore, that the transport networks do not respond exclusively to a demographic demand (relationship that exists in each airport or AVF station between the number of passengers that use it and the demographic volume that could be a potential user of these infrastructures), but other factors intervene that explain this disparity.

This distortion between the networks and hierarchies will allow us to delve into an in-depth discussion that will analyze the particularities in the configuration of the Spanish air transport and HSR networks.

Keywords: urban geography, networks, urban system, air transportation, high-speed rail.

1. Introducción

La movilidad es una de las características más relevantes de las sociedades avanzadas (Urry, 2016). Internet y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han tenido y siguen teniendo una influencia decisiva en las tendencias globalizadoras. Sin embargo, algunos sistemas de transporte modernos como el ferrocarril de alta velocidad y, en especial, el sector de la aviación, juegan un papel fundamental en las distancias medias y largas, reconociendo su papel como agentes y vectores de la globalización (Zhang et al., 2018; Rodrigue, 2020).

La historia del ferrocarril muestra su protagonismo durante el siglo XIX y principios del XX, coetáneo a la revolución industrial. Pero las mejoras posteriores en otros modos de transporte, como automóviles y aviones, hicieron retroceder su participación en el mercado del transporte de pasajeros. Fue en las últimas décadas del siglo XX y, especialmente, a principios del siglo XXI, cuando se produjo el “renacimiento” del ferrocarril (Vickerman, 2018) gracias a la alta velocidad, que incrementó la velocidad comercial de transferencia y acortó la duración de los trayectos realizados sin paradas intermedias (Bellet y Gutierrez, 2012). A nivel mundial, la distribución espacial de las estaciones de AVF recuerda más a la de los aeropuertos que a la del ferrocarril convencional (algo que, como se verá, no sucede en España). En la actualidad, se consolida en el movimiento de personas a escalas regionales y subcontinentales (distancias entre 200-600 km y entre 2-4 horas) (Gutiérrez, 2004).

El transporte aéreo, aunque también apareció en el siglo XIX, deriva su generalización de la mejora militar inducida en este sector durante la Segunda Guerra Mundial que, junto con las innovaciones en velocidad, seguridad y capacidad impulsadas en años posteriores, propiciaron el crecimiento de su cuota de mercado a expensas de otros modos de transporte, como el ferrocarril y el marítimo. Además, la liberalización del sector a finales siglo pasado, aunque no generalizada, ha permitido la multiplicación de conexiones aéreas y frecuencias en todo el globo, así como un abaratamiento tarifario sin precedentes, entre otros procesos (Córdoba y Gago, 2012). En la actualidad, se consolida como el principal medio de transporte de personas en distancias medias y largas (superiores a 600 km) y en viajes de más de cuatro horas (Serrano, 2002), adaptándose a los radios de acción continentales y planetarios (Gago, 2003).

En este sentido, se observa la importancia de ambos modos de transporte en distancias medias y largas y, por tanto, su papel como agentes de la globalización, al permitir la reformulación de conceptos espaciales como movilidad, accesibilidad y distancia (Clewlow et al., 2012). Aunque ninguno ha abolido este último, el tiempo de viaje se ha reducido drásticamente para crear una percepción de un mundo en contracción que se entiende en términos de “convergencia espacio-temporal” (Janelle, 1969), de “compresión espacio-temporal” (Harvey, 1983) y de “plasticidad del espacio” (Forer, 1978). Sin embargo, cabe señalar que estos efectos no alcanzan la misma dimensión en todos los lugares, es decir, la generalización de ambos sistemas de transporte ha provocado una nueva espacialidad diferencial, que favorece a los espacios y personas que se comunican intensamente, en detrimento de los que no lo están, confirmando la jerarquización espacial y las disimetrías regionales. Por tanto, la distancia a un aeropuerto y/o estación de AVF influirá en las condiciones de inserción o aislamiento de los territorios en la globalización (Bauman, 2001; Liu et al., 2020).

En la actualidad, ambas infraestructuras (aeropuertos y estaciones) constituyen unidades de transporte complejas y dinámicas, como consecuencia de la importancia que tiene el transporte aéreo y ferroviario en nuestro estilo de vida. Un aeropuerto o estación de AVF es un factor esencial de competitividad, una herramienta al servicio del desarrollo económico local y regional. Se considera que una infraestructura de estas características dota a las regiones donde se ubican de prestigio, reputación, centralidad e internacionalización (Bruinsma et al 2008; Díez-Pisonero, 2016). Contar con un hub¹ aéreo o ferroviario internacional, además de ser hitos en el paisaje urbano (Díez-Pisonero, 2022), se han consolidado como poderosos imanes para atraer flujos de capital, conocimiento, ideas e innovación (Taylor y Derudder, 2016).

Desde un punto de vista empírico, existen diversas investigaciones que han estudiado la influencia territorial de ambas infraestructuras desde una perspectiva cuantitativa. Se han utilizado muchos indicadores, incluidos los pasajeros, el tipo de tráfico y el volumen de carga, para clasificar los aeropuertos y cuantificar su importancia dentro de una jerarquía aeroportuaria mundial que, en muchos casos, se ha utilizado como indicador para determinar una jerarquía urbana (Derudder y Taylor 2018; Díez-Pisonero, 2020). De igual forma ha ocurrido con el transporte de AVF, cuya relevancia se ha cuantificado en términos de pasajeros o kilómetros construidos (Sun 2016; Vickerman 2018). Otros trabajos se centran en la influencia económica de ambas infraestructuras con respecto a los ámbitos territoriales donde se ubican, haciendo especial referencia a su contribución al PIB y su capacidad para generar empleo (Dimitrios y Maria, 2018; Yu et al., 2019). Incluso hay estudios que se centran en las dinámicas económicas y territoriales que surgen en el entorno de estas infraestructuras por ser indicadores urbanísticos de especial relevancia en el siglo XXI (Kim et al., 2018, Sheard, 2019). Otras investigaciones adoptan una perspectiva más cualitativa, al considerar que su representatividad arquitectónica contribuye a fortalecer el valor simbólico y la imagen urbana de las ciudades (Wenner, 2020; Díez-Pisonero, 2022).

En esta investigación, junto con examinar el escenario actual de ambos medios de transporte, se pretende analizar el significado diferencial de los centros españoles en las redes de transporte aéreo y ferroviario de alta velocidad de manera conjunta. Es decir, se pretende estudiar si ambas redes de transporte responden exclusivamente a una demanda demográfica (relación que existe en cada aeropuerto o estación de tren de AVF entre el número de pasajeros que lo utilizan y el volumen demográfico que podría ser usuario potencial de estas infraestructuras) o, por el contrario,

1. Un hub es un intercambiador de transporte integrado que concentra y centraliza gran parte del tráfico para realizar una función de envío y/o recepción de diferentes orígenes/destinos (spokes) para redistribuirlos, canalizarlos y redirigirlos hacia y desde otros centros de aporte y dispersión con el objetivo de optimizar recursos, tiempo y dinero.

intervienen más factores que contribuyen a complejizar ambas redes de transporte. La lógica que subyace en este tipo de trabajos se basa en teorías clásicas de carácter gravitacional que ponen en relación el peso, volumen o cantidad de un determinado hecho, en este caso la población de una ciudad, y la atracción que ésta ejerce sobre el resto de ciudades, lo que genera movilidad (viajeros aéreos o ferroviarios, por ejemplo).

Después de esta introducción, la investigación presenta ambos medios de transporte en España para, seguidamente, detenerse en la metodología y los resultados. La investigación se cierra con un apartado de discusión y conclusiones donde se explica el porqué de las particularidades en la configuración de las redes españolas de transporte aéreo y de AVF.

2. Transporte aéreo y Alta Velocidad Ferroviaria en España

El transporte aéreo constituye un sector estratégico para el desarrollo económico, social y territorial (CEOE, 2019). En España, se han alcanzado cifras espectaculares, gracias al constante crecimiento registrado durante las últimas décadas, salvo momentos de retroceso coyuntural, como la reciente pandemia de la Covid-19, catalogada por muchos como la peor crisis de toda la historia aeronáutica (Wyman, 2020). En la actualidad, después de la cierta recuperación del sector en el verano de 2022 y la Semana Santa de 2023, las estadísticas pronostican un cierre del año con niveles prepandémicos (Aena, 2023).

La creciente internacionalización de la economía española en el contexto europeo y mundial, la importancia turística del país, la liberación del sector en Europa o el afianzamiento progresivo del papel de España como puente de conexión con los países iberoamericanos son algunas razones que explican esta evolución (Córdoba y Gago, 2010). Sin embargo, los datos de las infraestructuras aeroportuarias desprenden dos puntos importantes: por un lado, el elevado número total de aeropuertos existente en la red española y, por el otro, la tremenda disparidad entre todos ellos, pues el total de pasajeros que los utilizan, se distribuyen de forma muy irregular.

Respecto al primer punto, el sistema aeroportuario español está totalmente dominado por el gestor público AENA Aeropuertos, dependiente del Ministerio de Fomento, que posee 46 de los 51 aeropuertos nacionales de tráfico aéreo comercial² (Figura 1). La propiedad y gestión del resto de aeropuertos es llevada a cabo por los gobiernos regionales y provinciales en donde están ubicados, además del sector privado participante. Estos son: Lérida-Alguairé y la Seo d'Urgell (dependen de la Comunidad Autónoma de Cataluña), Castellón (actualmente inoperativo) y Teruel (sin tráfico de pasajeros). En la actualidad, España supera en más de 20 aeropuertos los existentes en Alemania, Reino Unido e Italia y en más de diez respecto a Francia, lo que explica que el número de pasajeros por aeropuerto sea relativamente bajo en comparación con los datos de otros países vecinos de extensión similar (CNMC, 2014).

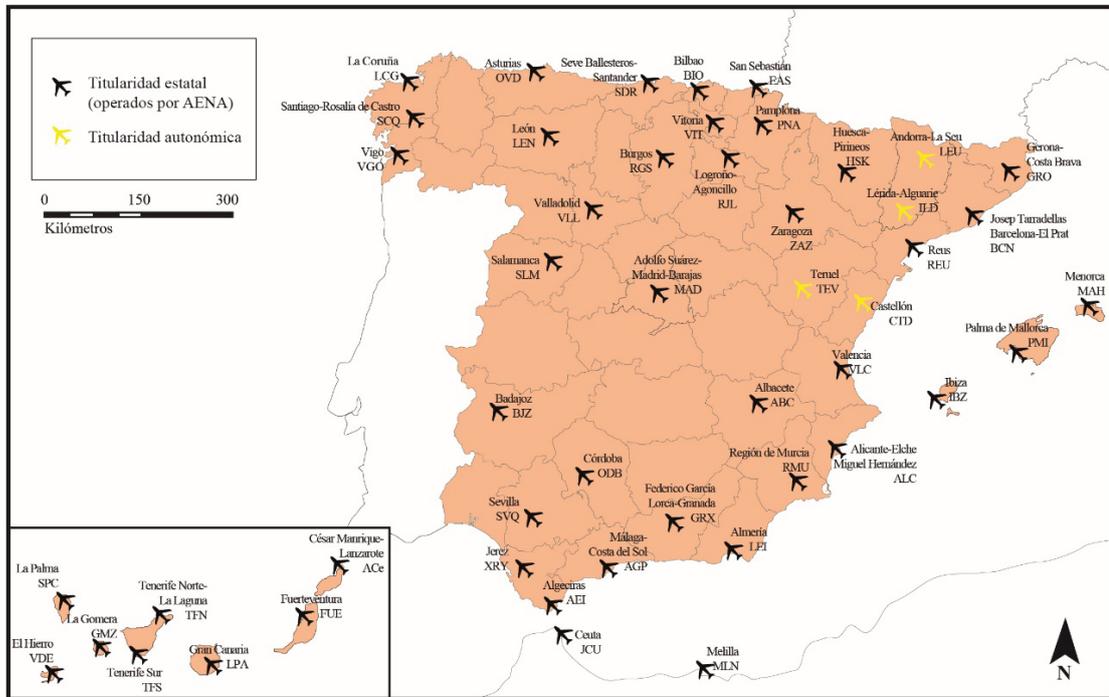
En cuanto al segundo punto, en la actualidad, tan sólo tres aeropuertos (Madrid, Barcelona y Palma de Mallorca) aglutinan más de la mitad del tráfico de pasajeros que utilizaron estas infraestructuras españolas (50,1%). La cuantía asciende hasta las tres cuartas partes del total (74%) si tomamos en consideración los ocho primeros aeropuertos. Lo demás (26%), se reparte en los 38 aeropuertos restantes³. Esto refleja los fuertes desequilibrios existentes en esta red aeropor-

2. Además, gestiona dos helipuertos y participa directa o indirectamente en la gestión de otros 23 aeropuertos repartidos por todo el mundo, constituyéndose como el primer operador aeroportuario del mundo por número de pasajeros, con más de 117 millones en el primer semestre de 2022 (Aena, 2022).

3. Esta concentración es igualmente evidente si se analiza el tráfico de aeronaves y el tráfico de carga (Aena 2022).

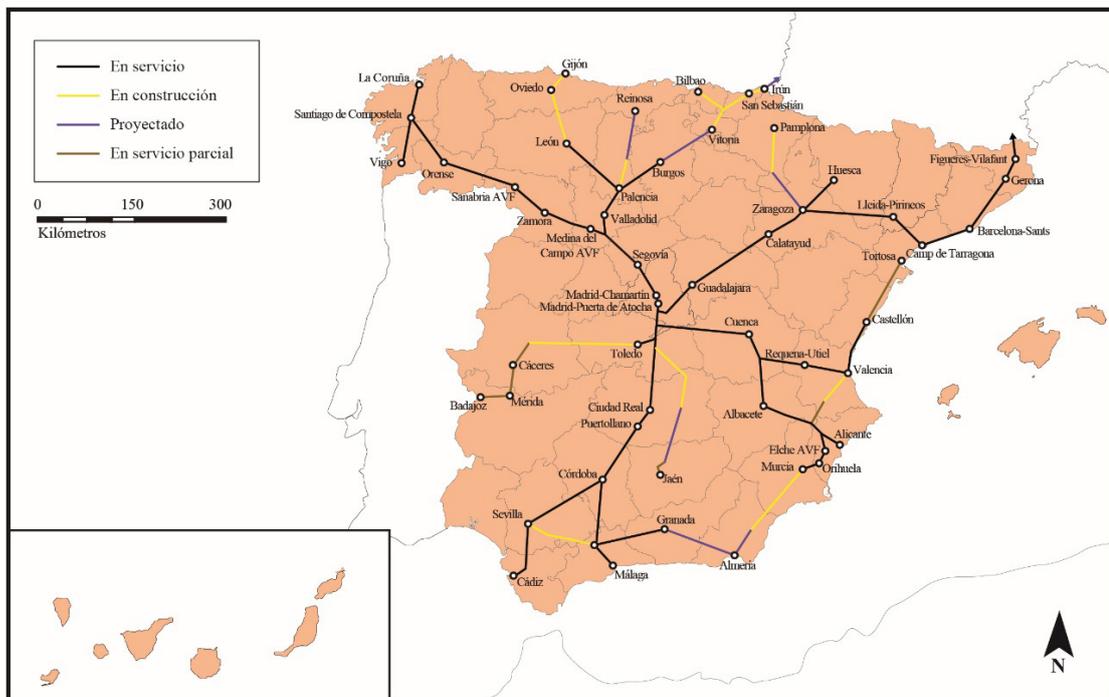
tuaria, donde el dinamismo que desempeñan unos pocos (por su volumen de tráfico, ubicación, actividad y posición estratégica) contrasta con el papel casi marginal de una gran mayoría, lo que origina notables problemáticas de gestión y planificación.

Figura 1. Aeropuertos comerciales en España (2022).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Líneas de alta velocidad ferroviaria en España (2022)



Fuente: Elaboración propia.

Referente a la alta velocidad ferroviaria, esta llega a España en 1992, con el tramo Madrid-Sevilla, coincidiendo con la Exposición Universal en la capital hispalense. Desde entonces, la red española de trenes de AVF no ha parado de crecer, contando, en la actualidad, con 47 estaciones y superando los 3.700 km de actividad (Adif, 2022) (Figura 2). Además, desde el año 2010, España es el primer país de Europa, por delante de países como Francia o Alemania y segundo del mundo en líneas ferroviarias de alta velocidad, solo superado por China, en número de kilómetros de alta velocidad en servicio (Blanco i Casas, 2021)⁴. La empresa que se encarga de dar mayoritariamente el servicio es una entidad pública, Renfe, que depende directamente del Ministerio de Fomento. Desde noviembre de 2022, con la liberación de este medio de transporte, operan también otras empresas como Iryo (Trenitalia) y OUIGO (SNCF), además de AVLO (servicio de bajo coste de Renfe).

Aunque los intervalos pueden variar según los autores, por normal general se afirma que la carretera domina en las distancias cortas (por debajo de 200 km) y el avión en las distancias largas (por encima de 700-800 km). Pero es entre ambos umbrales donde el transporte aéreo y la AVF compiten directamente, algo de especial relevancia en determinadas regiones, como la europea, donde grandes aglomeraciones están separadas por distancias de varios cientos de kilómetros. Además de las distancias físicas, interesan especialmente los tiempos de viaje y, de acuerdo con diversas fuentes (Tabla 1), resulta que por debajo de la hora y media domina de forma casi absoluta el tren de alta velocidad; en distancias en torno a las 2-3 horas, este sigue siendo dominante; pero por encima de esta duración, su cuota disminuye en favor del avión (Bellet, 2013; Li et al., 2019).

Tabla 1. Cuota de ocupación AVF y avión en diferentes trayectos europeos.

Distancias en tiempo	Trayectos (selección)	Cuota AVF	Cuota avión
Inferiores a 2 horas	Bruselas-París; Ámsterdam-Bruselas	>80%	<20%
Entre 2 y 2 horas y media	Madrid-Sevilla; Tokio-Osaka	80%	20%
En torno a 3 horas	París-Londres; Madrid-Valencia	60%	40%
Entre 4 y 4 horas y media	París-Ámsterdam; Roma-Milán	40%	60%
Por encima de 5 horas	Londres-Frankfurt; París-Frankfurt	<40%	>80%

Fuente: Adaptado de Gamir y Ramos (2002), Bellet (2013) y European Union Agency for Railways (ERA, 2023).

No es de extrañar que, a lo largo de las últimas décadas, el tren de alta velocidad haya ocupado un lugar preeminente en las políticas de transporte europeas y españolas, como la Política Comunitaria de Transportes (PCT) y el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT) 2005-2023, respectivamente, apostando por el ferrocarril de alta velocidad como una infraestructura estratégica para mejorar la cohesión territorial. Llama la atención, por otro lado, que la intermodalidad entre ambos medios de transporte, tan perseguida por las recomendaciones de la PCT y del PEIT, resulta prácticamente anecdótica, pues en la actualidad, ningún aeropuerto español está conectado por el trazado de la AVF, salvo Ciudad Real, que no tiene actividad comercial.

3. Materiales y metodología

Con el objetivo de llevar a cabo la evaluación de las relaciones existentes entre los aeropuertos, las estaciones de AVF y los sistemas urbanos a los que abastecen para identificar el comportamiento diferencial de algunos núcleos y valorar la magnitud de su integración en el sistema urbano, se

4. Conviene advertir de la coexistencia de diferentes anchos de vía en España: el ibérico para casi todas las líneas férreas principales de la península (1668mm), el internacional para las líneas de alta velocidad (1435mm) y el de vía estrecha para el servicio FEVE (1000mm).

utilizarán de manera conjunta indicadores de transporte aéreo (pasajeros totales), de viajeros de AVF (viajeros totales) y de carácter demográfico (número de habitantes). Para ello, se ha elaborado una base de datos que registra las 61 aglomeraciones urbanas de España según número de habitantes, según número de pasajeros aéreos en sus respectivas ciudades, y según el número de viajeros de AVF. En los tres casos, se ha tomado como referencia el año 2019 para evitar la excepcionalidad de la Covid-19.

Respecto a los pasajeros aéreos totales, se han seleccionado aquellos aeropuertos con un tráfico total de pasajeros superior a 100.000 pasajeros anuales, según el Informe estadístico anual de los aeropuertos españoles en 2019, publicación de AENA (AENA, 2019). También, se han incluido aquellas infraestructuras que, aunque por debajo de este umbral, son capitales de provincia. Igualmente, se ha decidido unificar los datos de pasajeros de los dos aeropuertos de la isla tinerfeña, con el fin de comparar adecuadamente el rango del transporte aéreo con el total demográfico de la isla.

En cuanto a los datos de viajeros de alta velocidad ferroviaria, estos proceden del Informe del Observatorio del Ferrocarril en España (OFE, 2019), publicación del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Este anuario estadístico ofrece dos ránquines sobre las primeras 30 ciudades por tráfico de viajeros en función del recorrido medio del viajero (media distancia y larga distancia). Sin embargo, los datos no se desagregan en función de la velocidad media del tren (alta velocidad y servicio convencional). Reconociendo esta limitación de la fuente, se seleccionan únicamente aquellas ciudades que, figurando en alguno de los dos listados, ofrecen servicios de alta velocidad en alguna de las siguientes modalidades:

- Ciudades con alta velocidad comercial, de larga distancia, prestado por los productos AVE y AV City, que circulan exclusivamente por nuevas líneas de alta velocidad.
- Ciudades con un servicio parcial de alta velocidad, prestado por los productos Alvia, Altaria y Euromed, algunos de los cuales circulan en parte de su recorrido por la red de alta velocidad.
- Ciudades con alta velocidad comercial, de media distancia, prestado por los productos AVANT (anteriormente, denominadas Lanzaderas).

Por último, los datos demográficos se obtienen del Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas de España (2019), publicación del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MTMAU, 2019). En este listado, además de incluir los datos demográficos de aquellas áreas urbanas que tienen representación en los listados de ciudades por pasajeros aéreos y por viajeros de AVF, se incluyen también las capitales de provincia que no tenían representación aeroportuaria ni AVF.

Posteriormente, el tratamiento de la información se realiza mediante técnicas estadísticas que se basan en análisis de dispersión, de correlación y de conglomerados. En esta investigación, se ha optado por la aplicación de una correlación de Spearman, en donde los valores absolutos se sustituyen por valores discretos (ordinales). Con ello se pretende que las variables aleatorias sean continuas y que la distribución de ambas sea matemáticamente normal, es decir, que ninguno de los valores se aleje mucho de lo esperado.

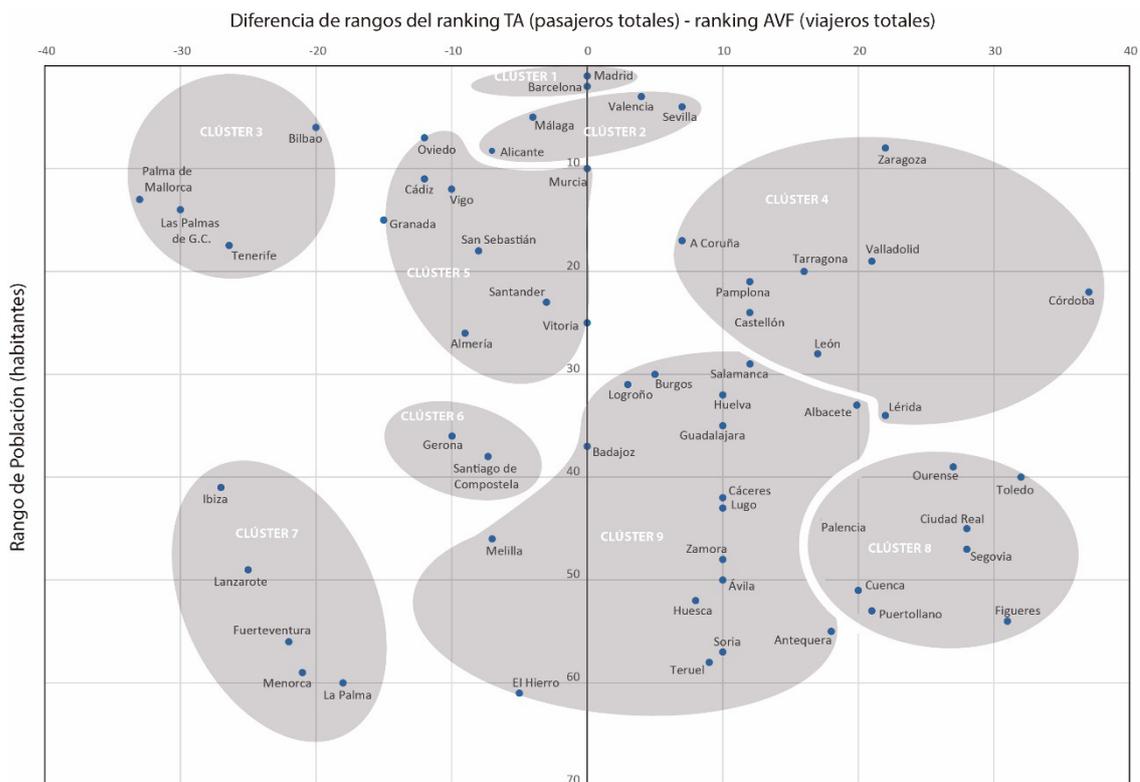
Asimismo, para obtener un análisis cruzado de los tres índices jerárquicos disponibles, se ha empleado un análisis de conglomerados, mediante el software informático SPSS Statistics 25.0, utilizando el algoritmo de K-medias. Una dificultad a la hora de aplicar esta técnica es que el cálculo estadístico no determina automáticamente el número de grupos o clústeres, sino que el análisis requiere que se vaya experimentando con los resultados hasta que éstos resulten relevantes desde

el punto de vista de la interpretación de los datos. Finalmente, se elabora un gráfico de dispersión a través del citado software SPSS, como forma de representación de esta aproximación cruzada de los tres índices, donde en el eje de las abscisas figuran las diferencias de rango entre el listado del transporte aéreo y de la AVF, y en el eje de las ordenadas, el rango del listado demográfico. Los conglomerados se resaltan a través del programa de diseño gráfico Adobe Illustrator CS6. Esta aproximación cruzada tendrá gran interés, pues permitirá identificar los diferentes escenarios de transporte aéreo y ferroviario que se encuentran en las ciudades españolas. Utilizando estas técnicas, se obtienen los siguientes resultados.

4. Resultados

La comparación de las jerarquías pone de manifiesto cómo la correlación entre los indicadores de transporte aéreo (pasajeros totales), de transporte de AVF (viajeros totales) y de carácter demográfico (número de habitantes) es bastante baja: 0,62 (habitantes-pasajeros aéreos) y 0,43 (habitantes-viajeros AVF). Esto permite anotar que el tráfico de un aeropuerto y de una estación de tren de AV responde a menudo a factores más complejos que el simple volumen de población de la ciudad/región a la que sirve o la atracción que éstas puedan ejercer entre sí.

Figura 3. Ciudades españolas según el rango demográfico y según la diferencia de rangos entre la jerarquía aeroportuaria y ferroviaria de alta velocidad.



Fuente: resultados de la investigación. Elaboración propia.

Para explicar estas disimetrías, los estudios del transporte aéreo sugieren diferentes argumentos en relación con la especialización funcional de los núcleos urbanos, las condiciones de accesibilidad de los sistemas de transporte y el potencial demográfico asociado a tales infraestructuras

(Gago y Córdoba, 2013). En esta investigación, al analizar conjuntamente ambas redes de conectividad (aérea y ferroviaria), se incidirán en otros factores que, a nuestro juicio, revelan la particularidad del caso español. Para una mayor comprensión de los resultados, estos se presentan en un gráfico de dispersión (Figura 3), agrupados en los diferentes clústeres de ciudades identificados. Los grupos principales son:

Clúster 1. El primer clúster está integrado por las dos ciudades más representativas de la jerarquía urbana española, Madrid y Barcelona, cuya notoriedad demográfica se corresponde con una elevada utilización de las infraestructuras aeroportuarias y ferroviarias. Sus áreas de influencia superan los límites nacionales y albergan las infraestructuras de movilidad más importantes del país.

Respecto a los aeropuertos, A.S. Madrid-Barajas y Barcelona-El Prat aparecen en el ranking de los diez aeropuertos europeos con mayor tráfico de pasajeros (Hosteltur, 2022). Para el caso de Madrid, su condición de capital de España le ha aportado un gran volumen demográfico, relevancia turística e importancia internacional. Además, como consecuencia de la centralidad geográfica y funcional que desempeña, se le considera el centro nodal de la estructura aeroportuaria española (hub de Iberia), que no solo articula todo el tráfico aéreo español, sino que se convierte en la principal puerta de entrada-salida del país con el resto del mundo, al tratarse de uno de los principales hubs del viejo continente y uno de los más importantes que conecta América Latina y Europa (Díez-Pisonero, 2019). La notoriedad de Barcelona-El Prat se entiende por la centralidad funcional que desempeña, lo que posibilita que su influencia sobrepase el marco regional catalán, sirviendo de enlace español con diversos lugares de otras regiones del mundo. Aunque este aeropuerto se ubica en 7º lugar en la jerarquía europea, su proyección mundial es menor, pues el tráfico extracomunitario es poco representativo. Además de actuar de alimentador (feeder) de las grandes aerolíneas europeas de red, el aeropuerto genera mucho tráfico punto a punto en el viejo continente, gracias a la aerolínea Vueling, que actúa de hub en el aeropuerto.

En cuanto a las estaciones de AVF, Atocha-Chamartín en Madrid y Sants en Barcelona son las que mayor número de pasajeros movilizan de todo el país (OFE, 2020). Precisamente, el corredor ferroviario Madrid-Barcelona es el más representativo de la AV española, con casi 4,5M viajeros/año en ambos sentidos (CNMC, 2021). Este corredor ha sido ampliamente estudiado en la literatura académica desde su inauguración, observando cómo la cuota del puente aéreo ha cedido a la AVF (Burckhart et al., 2008; Magariño, 2022). Las razones que explican la magnitud de estas estaciones, nuevamente, radican en la primacía de las dos metrópolis y, para el caso de Madrid, se suma su capitalidad y centralidad, que ha motivado que se repita la estructura radial en la AV española, al igual que sucedió con el diseño del tren convencional decimonónico.

A pesar de tratarse de los dos principales nodos urbanos y de transporte del país, en ninguno existe conexión directa entre ambos modos de transporte (intermodalidad), a diferencia de otras ciudades europeas como Ámsterdam, Frankfurt o París, donde el tren de AV llega directamente al aeropuerto. A pesar de ello, un hito relevante es la reciente inauguración del “tren de la risa”, que conecta en AVF las estaciones madrileñas de Chamartín y Atocha, y que evitará transbordos en la capital a las personas que viajan entre el norte de España y el Levante⁵.

Clúster 2. Un segundo clúster lo conforman cuatro ciudades, también de primer nivel, aunque con unos valores demográficos más bajos: por un lado, Sevilla y Valencia. Aunque constituyen

5. Sin embargo, por el momento, este enlace no tendrá ningún efecto práctico para el viajero, pues la conexión entre las líneas del AVF que vienen de levante o del sur (que paran actualmente en Atocha) y las del norte (que estacionan en Chamartín) seguirá estando inoperativa (Muñoz, 2022).

destinos turísticos relevantes, es su componente territorial la que articula su posicionamiento. Los aeropuertos de ambas ciudades, mayormente de tráfico nacional, se encuentran en la periferia peninsular por lo que, además de dar soporte y servicio aéreo a sus respectivas aglomeraciones urbanas, constituyen los centros rectores que dirigen los ejes nacionales del centro al este y sur, respectivamente; por otro lado, Málaga y Alicante, cuyos aeropuertos están asociados a importantes destinos turísticos de la costa mediterránea española, con un tráfico aéreo eminentemente internacional. Las estaciones ferroviarias de las cuatro ciudades constituyen, asimismo, emblemas de la AVF española, consolidándose como los corredores más dinámicos del sur (Madrid-Sevilla-Málaga) y del este (Madrid-Valencia-Alicante) peninsular (Yanci et al., 2005; CNMC, 2019). En ambos casos, se pone de manifiesto cómo el avión ha perdido cuota de mercado a favor de la AVF desde la inauguración de ambos corredores (Navarro et al., 2022).

Clúster 3. El tercer clúster lo componen áreas urbanas de primer y segundo nivel en la jerarquía urbana española (dentro del Top-20 de la jerarquía demográfica) pero, a diferencia del conglomerado anterior, presentan un superávit de tráfico aéreo y un déficit en el tráfico de AVF. Se trata de las ciudades de Bilbao, Palma de Mallorca, Tenerife y Gran Canaria. Las islas registran un mayor tráfico aéreo de lo que en un principio cabría pensar en función del peso demográfico de los municipios donde se asientan motivado por su condición turística. Se trata de aeropuertos de primer nivel en la jerarquía aeroportuaria española, de tráfico eminentemente internacional, y cuya dependencia del transporte aéreo se acrecienta como consecuencia de la insularidad. Para el caso de Bilbao, también existe una componente turística importante, aunque es su componente territorial la que articula su posicionamiento. Esta ciudad se encuentra en la periferia septentrional peninsular por lo que, además de dar soporte y servicio aéreo a su respectiva aglomeración urbana, constituye un centro rector que dirige el eje nacional del centro-norte para el tráfico doméstico.

Junto a este superávit aéreo, el conglomerado de ciudades está marcado por un déficit ferroviario de AV. Este déficit es comprensible en los destinos insulares, puesto que la AVF no tiene representación en los archipiélagos y la conectividad de estos, fuera de sus islas, depende en gran medida del transporte aéreo. Sin embargo, sí es destacable que una ciudad de primer nivel en la jerarquía urbana española, rectora del citado corredor septentrional, no tenga todavía servicio de AVF. Según las últimas previsiones, se espera que en 2027-2028 pueda inaugurarse el proyecto conocido como Y vasca, recogido en el PEIT 2005-2023, así como en el proyecto europeo Proyecto prioritario nº3 del Eje Atlántico europeo (Rioja, 2022). Según este, se pretende unir mediante una vía de altas prestaciones las tres capitales vascas (Bilbao, San Sebastián y Vitoria), conectándolas entre sí mediante un trazado en “Y” y con la frontera francesa, dando continuidad a la línea de alta velocidad Burgos-Vitoria y, por tanto, con Madrid. Al parecer, la componente político-ideológica de la región y la falta de acuerdo en la financiación de las obras por parte de las administraciones nacional y autonómica, además de cuestiones físicas como la geología y el estado del subsuelo, parecen justificar este retraso (Gómez, 2022).

Clústeres 4-5. Estos se corresponden con ciudades de segundo nivel en la jerarquía urbana española, cuyos aeropuertos aportan un reducido número de pasajeros a la red aeroportuaria. Estas infraestructuras son de segundo y tercer nivel, con un tráfico mayoritariamente nacional dirigido hacia las principales metrópolis (Madrid y/o Barcelona) y operado casi exclusivamente por el grupo Iberia. La variable que decanta la pertenencia a un clúster u otro es la presencia o ausencia de AVF.

El clúster 4 está integrado por ciudades medias donde ha llegado la AVF, al ampliarse el número de las estaciones intermedias, tras la segmentación de los principales corredores ferroviarios:

- En el eje noreste (Madrid-Cataluña), destaca Zaragoza-Delicias, con una localización geoestratégica a menos de 90 minutos de Madrid, Barcelona y la futura Y Vasca. También, especial mención merecen Lérida-Pirineos y Camp de Tarragona, que se refuerzan como subcentros dinámicos del área metropolitana de Barcelona, especialmente Tarragona, por su proximidad con la capital catalana.
- En el eje noroeste (Madrid-Galicia), destacan las ciudades de Valladolid y León, ambas conectadas a una y dos horas de Madrid, respectivamente. Conviene detenerse en el caso de Valladolid, como capital regional de Castilla y León, al haber desaprovechado la posibilidad de conectarla excelentemente con todas las ciudades del Norte y Noroeste de España (Ureña et al., 2006). Por contra, su conexión se limita exclusivamente a las del Norte (Asturias, Cantabria, País Vasco), pues las del Noroeste (Galicia) pasan por el municipio vallisoletano de Medina del Campo, cuya estación registra unos índices de ocupación diaria bastante modestos (García, 2017). A pesar de esta decisión, los usuarios de Valladolid pueden disfrutar: (i) de la posibilidad de commuting con Madrid ante la cercanía con la capital de España (Servicio AVANT) y (ii) de la comodidad que supone disponer de la alta velocidad en el centro de la ciudad, pues la estación está localizada en el centro urbano. Sin embargo, también adolece de una profunda segregación urbana que, desde los años 80s, trata de suplir con el planteamiento de su soterramiento que no se materializa por cuestiones económicas y falta de acuerdo entre las administraciones políticas.
- En el eje sur (Madrid-Andalucía), destaca Córdoba. Su apertura no solo ha supuesto una mejor conexión con Madrid (menos de dos horas), sino también con otras capitales andaluzas, al constituirse como la puerta de Andalucía a Sevilla-Cádiz y a la Costa del Sol (Granada-Málaga) (Gavira, 2013). Se evidencian numerosos efectos positivos, al mejorar la estación central y crear un intercambiador modal de transporte urbano, de carácter provincial, regional y nacional. Además, se ha suprimido la barrera que representaba el ferrocarril en el centro de la ciudad, cosiendo el plano urbano y generando un nuevo barrio residencial de alta calidad sobre un amplio terreno en su gran mayoría de propiedad de Renfe (Ureña et al., 2006).
- En el este (Madrid-Comunidad Valenciana) conviene mencionar a Castellón que, después de varios años de planteamiento y ejecución, su inauguración en 2018 ha posibilitado una mejor conexión con Valencia (20 minutos) y con Madrid (3 horas y 18 minutos). El objetivo para los próximos años, según las autoridades, es fortalecer el Corredor Mediterráneo, pues en él reside el 50% de la población española, acoge al 50% el turismo y se genera el 45% del PIB estatal (Mercantil, 2022).

Otras ciudades con servicios parciales de alta velocidad, como La Coruña y Pamplona. En la actualidad, cuando alguien se sube en Madrid para ir a la ciudad navarra viaja por la red de alta velocidad hasta Zaragoza, y después, llega a Pamplona a velocidades inferiores con servicios de alta velocidad mixta. Esto seguirá siendo de este modo hasta que se cumpla la promesa de llevar el AVE a esta ciudad, aunque ya el PEIT 2005-2023 reconoce que no será una estación final, sino que se conectará con Zaragoza, la Y Vasca y con Francia.

El clúster 5 también está integrado por ciudades medias, pero a diferencia del anterior, la AVF es nula o poco representativa, bien por estar en construcción (Murcia, San Sebastián, Vitoria, Santander, Almería), bien por haber sido cancelado (Oviedo), bien por no haber sido proyectado debido a un error en la planificación de un viario exclusivo para los trenes de largo recorrido

(Cádiz). En otros casos, como Vigo-Pontevedra, la AVF resulta poco representativa por la propia configuración de la red gallega.

Tras veinte años de obras y numerosos aplazamientos para su culminación, la AVF llegó a esta región en diciembre de 2021, al conectar Madrid con Orense en 2 horas y 15 minutos horas, y convirtiendo a esta última ciudad en el punto neurálgico de todas las conexiones de la región (Marcos y Huete, 2021). Sin embargo, la llegada de la AVF a Orense no cumple las expectativas de la alta velocidad en Galicia, pues el resto de ciudades gallegas no pueden estar conectadas con la red estatal debido, fundamentalmente, a la peculiar configuración de la red regional donde conviven diferentes anchos de vía: (i) el internacional hasta Ourense que conecta con la red estatal; (ii) y el ibérico, desplegado desde Ourense hasta Santiago y de norte a sur en el eje atlántico (La Coruña-Santiago de Compostela-Pontevedra-Vigo).

Para mitigar esta disyuntiva, se está en proceso de aprobación del nuevo tren de gran capacidad *Avril*, fabricado por Talgo y operado por Renfe, que permitirá que los servicios AVE lleguen a las principales ciudades de Galicia y no solo a Ourense, al ser capaz de circular por las vías de ancho internacional y por las del ibérico (González, 2022a). Insatisfecha con la decisión, la Xunta estudia la posibilidad de migrar al ancho internacional en la comunidad para que los AVE de ancho fijo -de Renfe y de la competencia- puedan llegar a las principales ciudades gallegas, y no solo hasta Orense como hasta ahora, sin necesidad de adquirir material rodante de ancho variable y ofreciendo la posibilidad de que operadores privados que compiten con Renfe puedan ofrecer sus servicios en la comunidad (González, 2022b).

Clústeres 6-9. Estos coinciden con ciudades de tercer nivel en la jerarquía urbana española (más allá del Top-30 del listado demográfico) cuya influencia, generalmente, se circunscribe a sus entornos más inmediatos. Se diferencian en función del comportamiento del transporte aéreo y de la AVF.

El clúster 6 está integrado por dos ciudades: Gerona y Santiago de Compostela. Ambas registran un mayor tráfico aéreo y ferroviario de alta velocidad de lo que en un principio cabría pensar en función del peso demográfico de los municipios donde se asientan. Respecto al tráfico aéreo, dos razones justifican este superávit: aunque en ambos casos existe una componente turística (turismo de sol y playa y turismo patrimonial, respectivamente), para el caso de Santiago es su componente territorial la que articula su posicionamiento. Al localizarse en la periferia peninsular, además de dar soporte y servicio aéreo a su respectiva aglomeración urbana, constituye el centro rector, como capital de la comunidad autónoma gallega, que dirige el eje nacional del centro al noroeste para el tráfico doméstico. Por su parte, Gerona se proclama como una alternativa al aeropuerto de Barcelona-El Prat para la costa Brava, aunque en los últimos años, ha experimentado un destacado retroceso debido a la casi desaparición de la compañía Ryanair, que cumplía funciones logísticas y de hub en este aeropuerto (Rovira, 2020). Referente a la AVF, ambas ciudades se posicionan en el top-10 de ciudades con mayor número de viajeros de este tipo: Gerona, en el corredor noreste, como “barrio funcional” de Barcelona; y Santiago, en el corredor noroeste, afectada por la singularidad del trazado de la red gallega.

Clúster 7. Este grupo está integrado por ciudades con nula presencia de AVF, pero con un tráfico aéreo superior de lo que en un principio cabría pensar en función del peso demográfico de los municipios donde se asientan. Este superávit de tráfico aéreo está potenciado por la función turística, aunque a diferencia del clúster 3, estas ciudades respaldan un menor peso demográfico y aéreo por su menor proyección, al tratarse de destinos turísticos secundarios. Estos son: Lan-

zarote, Fuerteventura e Ibiza (enfocados a un turismo más internacional) y La Palma y Menorca (destinos turísticos cuya procedencia es mayoritariamente nacional).

Clúster 8. Aquí figuran ciudades con ausencia de servicios aéreos, pero con un tráfico de AVF superior de lo que en un principio cabría pensar en función del peso demográfico de los municipios donde se asientan. Este superávit de AVF está motivado, fundamentalmente, por presiones políticas que han forzado, en muchos casos, a seccionar los principales corredores para que ciudades intermedias tuvieran acceso a este medio de transporte. Es el caso de Figueres (corredor noreste), Cuenca (corredor este), Segovia, Palencia, Ourense (corredor noroeste) o Toledo, Ciudad Real y Puertollano (corredor sur), entre otras. Muchas de las ciudades que integran este conglomerado forman parte de la órbita de Madrid, poniendo de manifiesto la denominada metropolitización discontinua que promueve este medio de transporte (Bellet et al., 2010), y convirtiéndose en verdaderos subcentros y barrios funcionales de la capital, dada su proximidad física y sensorial. Es el caso de:

- Segovia-Guiomar, entre Madrid y Valladolid. La ciudad ha reducido el tiempo de conexión con la capital de España en 20 minutos, afianzándose en un sub-centro metropolitano de actividades terciarias avanzadas y commuting. Sin embargo, la localización de la nueva estación se ha tenido que ubicar fuera de la ciudad por lo que, aunque ha supuesto el detonante de un nuevo polo urbano, los usuarios no se benefician de tomar la AVF en el centro de la ciudad.
- La ciudad de Toledo se halla conectada con la capital en 32 minutos, favoreciendo el commuting y su constitución como subcentro metropolitano de Madrid. El problema radica en que la ciudad no tiene continuación hacia el Sur peninsular, constituyendo un fondo de saco que la impide ser pasante hacia Andalucía y/o Lisboa (Abad et al., 2008).
- Cuenca es una ciudad pequeña, cuya estación se localiza en un eje muy dinámico (Madrid-Comunidad Valenciana), a menos de dos horas de dos grandes áreas metropolitanas, como son Madrid y Valencia.
- La AVF en Ciudad Real y Puertollano ha acentuado los commuters y la nueva posibilidad de relacionarse cotidianamente con Madrid. Además, al estar ubicadas sobre un importante corredor de transporte nacional (Madrid-Andalucía), favorece el desarrollo de nuevas dinámicas y oportunidades en ambas ciudades, especialmente en Ciudad Real, por su mayor cercanía a Madrid y por su especialización en el sector terciario (Ureña et al., 2005).
- Aunque la estación de Guadalajara-Yebes se encuentra en un importante corredor de transporte (Madrid-Cataluña) y se localiza a 22 minutos de Madrid, esta ciudad no forma parte de este clúster, sino del siguiente (clúster 9), por el escaso impacto de su infraestructura ferroviaria. La estación está bastante alejada del centro urbano y no ha conseguido integrarse en la ciudad como en un principio se había planeado (Ribalaygua, 2005), por lo que no se lo considera un subcentro metropolitano de Madrid.

Clúster 9. Este conglomerado consta de ciudades que están sometidas a un importante factor de desenclave, bien por tratarse de islas pequeñas (El Hierro y La Gomera), o bien por su posición periférica y relativamente aislada de los ejes más dinámicos de la península (Cáceres, Badajoz, Salamanca, Zamora, Albacete, Soria, Teruel). Estas ciudades están no solo atrasadas en la jerarquía urbana, sino también, en los listados de transporte aéreo y de AVF por no disponer de estas infraestructuras de movilidad o, aun disponiendo, su volumen de tráfico es muy limitado como consecuencia del carácter local de sus instalaciones. Aquellas ciudades que disponen de aeropuertos, estos registran cifras inferiores a los 200.000 pasajeros anuales, con un tráfico mayoritariamente doméstico, ceñido casi exclusivamente a Madrid y/o Barcelona. Otras ciudades

disponen de AVF, pero esta queda relegada a posiciones marginales (Albacete, Guadalajara, Antequera, Calatayud) o disponen de una AVF parcial cuyo corredor al que pertenecen todavía no está conectado con la capital de España (Salamanca) o la llegada de la AVF ha sido posterior a 2019, año de referencia en esta investigación desde el punto de vista metodológico (en 2022, la AVF ha llegado a Burgos y, parcialmente, a Cáceres y Badajoz). Incluso aparecen ciudades que, aun siendo capitales de provincia, no disponen de ninguna de las dos infraestructuras, por lo que su accesibilidad responde al tren tradicional o al transporte por carretera, principalmente. Es el caso de Huelva, Lugo, Ávila, Soria, Teruel o Zamora, entre otras; hecho que contrasta con los objetivos del PEIT 2005-2023, pues este plantea que todas las capitales de provincia del país estén conectadas en 2024 mediante líneas de AVF.

5. Discusión y conclusiones

Las redes aérea y ferroviaria de alta velocidad en España constan de un gran número de infraestructuras, aunque con diferencias evidentes entre todas ellas. Los resultados de este trabajo evidencian que ambas redes de transporte se hayan profundamente distorsionadas frente a la jerarquía urbana, poniendo de manifiesto que no están adaptadas a la población, sino que están influidas por otras funcionalidades que acentúan estos contrastes. A nuestro juicio, tienen especial interés: el rol prioritario tradicional de Madrid sobre el resto, el modelo de gestión y planificación centralizado, las presiones políticas, el decisivo fenómeno del turismo o el factor de desenclave de determinadas infraestructuras, entre otras.

Para el caso aeroportuario, los factores decisivos son dos: por un lado, el turismo, pues España sigue siendo una de las principales potencias turísticas mundiales (OMT, 2022). Esta notoriedad turística descompensa, especialmente, la jerarquía demográfica y la del transporte aéreo, al impulsar municipios urbanos de carácter local-regional pero de gran dimensión turística (archipiélagos y costa mediterránea), frente a otras ciudades que, aunque también turísticas, se caracterizan por ser importantes centros rectores funcionales de la jerarquía urbana española; por otro, el sistema actual de gestión aérea, que perjudica la capacidad en la mayoría de los aeropuertos españoles, pues su carácter centralizado conlleva la potenciación de la concentración del tráfico de larga distancia y de interconexión principalmente en un único aeropuerto y por parte de una única compañía, limitando al resto de aeropuertos sus posibilidades de crecimiento y expansión.

El modelo de gestión del sistema aeroportuario español es un caso singular dentro de los países del entorno, donde se extiende predominantemente un modelo descentralizado, con una gestión individualizada de los aeropuertos por empresas público-privadas (CNMC, 2014)⁶. El modelo español, sin embargo, se basa en una gestión centralizada, a modo de red, donde la práctica totalidad de los aeropuertos del país son gestionados por la empresa pública Aena Aeropuertos.

Tradicionalmente, esta gestión dependía del ente público Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA), que ha sido responsable de la navegación aérea y la gestión aeroportuaria en España desde el año 1990. Sin embargo, con el objetivo de acercar el modelo español a los países vecinos, siguiendo las recomendaciones de la Unión Europea, se inician una serie de cambios ya en el siglo XXI: (i) se separa la prestación de servicios aeroportuarios (Aena Aeropuertos S.A.), de la prestación de servicios de navegación aérea (Aena, que pasa a denominarse Enaire a partir de 2014). Esta escisión supuso el primer paso de la privatización del sistema de gestión aeropor-

6. Esta tendencia también es predominante en países fuera del ámbito europeo, como Estados Unidos, Canadá, Australia, Suiza o Nueva Zelanda.

tuaria en España; (ii) Este proceso continuaría en 2015, cuando Aena se instaura como sociedad anónima mixta que cotiza en Bolsa, aunque con una participación Estatal (51%) superior al accionariado privado (49%); (iii) más adelante, el cambio se intensificó con la introducción de la gestión individualizada de determinados aeropuertos por operadores privados en régimen de concesión (es el caso de los grandes aeropuertos españoles, Madrid-Barajas y Barcelona-El Prat) (Lamoglia y Rivarés, 2012).

Aunque estos cambios deben entenderse positivamente desde el punto de vista del aumento de la competencia entre aeropuertos, esta es considerada por muchos autores como insuficiente, pues la “red Aena” sigue ofreciendo una gestión centralizada en red, que es justificada por criterios de cohesión territorial, al garantizar la provisión de tráfico aéreo en regiones que, por sus características socio-económicas, no pueden generar un nivel de tráfico elevado. Las voces más críticas, sin embargo, consideran que la vertebración del territorio como razón de ser de aeropuertos no rentables no tiene sentido dado que las infraestructuras ferroviarias, los viales y demás redes de comunicación han sido renovados en los últimos años (ITAeréa, 2020). Además, se considera que un aeropuerto independiente es más ágil en la toma de decisiones y tiene más en cuenta los intereses locales de la región a la que sirve, sin necesidad de contar con los servicios generales (Padilla, 2016).

Si se siguiera el modelo de los países de nuestro entorno, se debería reclamar una reforma de la política aeroportuaria, más descentralizada e individual, donde una entidad diferente gestionara cada infraestructura, como recomienda la UE (Directiva 96/67). Y ello, bajo una fórmula de gestión mixta, donde primara la coparticipación público-privada a partes iguales. Estas actuaciones evitarían la colisión entre el operador aeroportuario y la antigua aerolínea de bandera, impidiendo el establecimiento de subsidios cruzados entre los aeropuertos y contribuyendo así a una mayor competitividad en el transporte aéreo.

Referente a la AVF, y en sintonía con el transporte aéreo, son varios los factores que contribuyen a intensificar las diferencias entre la jerarquía demográfica y la AVF: por un lado, el carácter centralizado de la red que, al igual que sucede con el ferrocarril tradicional, Madrid se consolida como el punto de origen-destino de los principales corredores ferroviarios del país; por otro, el modelo de gestión ferroviaria española que, aunque se ha separado la construcción y gestión de las vías (Adif) y la explotación de los trenes (Renfe) en cumplimiento de las normativas europeas sobre transporte ferroviario, a efectos prácticos sigue siendo esta última la única empresa que se encarga de dar servicio ferroviario en el país, impidiendo la entrada generalizada de competencia en el sector, pues son mínimas las empresas que conviven en el panorama ferroviario español y en trayectos muy concretos (la francesa Ouigo o la española Iryo, entre otras) (Lérida-Navarro y Nombela, 2022).

Por otro lado, los intereses políticos (Muñoz, 2018). En un principio, la AVF se pensó como una infraestructura para conectar grandes áreas metropolitanas distantes entre sí (larga distancia), articuladas por unos servicios eficaces que podían competir con el avión en distancias de entre 500-700 km, hecho que ha favorecido la conectividad de muchas capitales europeas (Campos y De Rus, 2009; Garmendia et al., 2012). Sin embargo, la ubicación de más paradas intermedias, generalmente como consecuencia de las fuertes presiones políticas, ha puesto de manifiesto una gran controversia al respecto: los más críticos consideran que los tiempos de viaje se han visto incrementados por la aceleración y desaceleración en estas ciudades (Ureña et al., 2006), limitando el principio de la alta velocidad con que nació y con estaciones de dudosa rentabilidad en muchos

casos (Albalate y Bel, 2014; García, 2017). Frente a esto, otros autores consideran que la segmentación de los principales corredores ha permitido no solo aumentar la oportunidad de captar mayor demanda, sino también favorecer la integración de ciudades intermedias a través de los servicios de media distancia (Bellet et al., 2010). Se generalizan, así, procesos de metropolización discontinua en el territorio, al integrar grandes metrópolis con ciudades de menor tamaño hasta alrededor de la hora de viaje (60-80 minutos), motivadas fundamentalmente por los movimientos pendulares (commuting) y los movimientos frecuentes (Bellet, 2013). Es por esto por lo que todas las comunidades autónomas, capitales de provincia y ciudades de tamaño medio reclaman para sí el tren de alta velocidad, que ven en este medio de transporte una de las claves para su futuro y una garantía para integrarse en el escenario nacional y europeo.

En este sentido, y a pesar del retroceso vivido durante los últimos años como consecuencia de la Covid-19, reconocemos que el sector de los transportes continúa siendo clave en la dinamicidad territorial. Si bien es cierto que no es posible predecir con exactitud cuándo se volverá a una situación “de normalidad” en vista del temor a constantes rebrotes y la mutabilidad del virus, se debe constatar que, en un mundo con demandas crecientes de movilidad, la geografía de los transportes ha hecho un esfuerzo importante para valorar las nuevas geografías y regionalizaciones que surgen y que obligan de nuevo a valorar la naturaleza del espacio. Y, aunque ambos medios analizados en este trabajo muestran procesos de “compresión espacio-temporal” (Harvey, 1989), lo cierto es que esta compresión, fuertemente polarizada, no afecta por igual a territorios y sociedades, sino que existe una apreciable aprehensión diferencial.

Bibliografía

- Abad, B., Soler, F., Cancelas, M., Batalla, C., & Tordesillas, J. (2008). Análisis de los impactos generados por la nueva línea de alta velocidad Madrid-Toledo sobre la demanda de transporte. *Estudios de construcción y transportes*, 108, 111-133.
- ADIF (2022). Red de alta velocidad. Alta velocidad española. Recuperado de: <https://www.adifaltavelocidad.es/red-ferroviaria/red-de-alta-velocidad>
- AENA (2019). Informe estadístico anual de los aeropuertos españoles, AENA. Recuperado de: <https://www.aena.es/es/estadisticas/informes-anuales.html>
- AENA (2023). Aena prevé este 2023 recuperar el número de pasajeros del 2019, El Canal. Recuperado de: <https://www.diarioelcanal.com/aena-preve-este-2023-recuperar-el-numero-de-pasajeros-del-2019/>
- AENA (2022). Estadísticas de tráfico aéreo, Aena. Recuperado de: <https://www.aena.es/es/estadisticas/informes-anuales.html>
- Albalate, D. & Bel G. (2014). *The economics and politics of High-Speed rail*. Maryland: Lexington Books.
- Bauman, Z. (2001). *La globalización. Consecuencias humanas*. México, DF: Fondo de Cultura Económica.
- Blanco I Casas, R. (2021). *La realidad internacional de la alta velocidad por ferrocarril en Europa*, Trabajo Fin de Máster, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Bellet, C. (2013). Transporte y desarrollo territorial. El estudio de los efectos asociados a la implantación del alta velocidad ferroviaria a través del caso español. *Revista Transporte y Territorio*, 2013, 8, 117-137. doi: <https://doi.org/10.34096/rtt.i8.296>.
- Bellet, C., Alonso, P., & Casellas, A. (2010). Infraestructuras de transporte y territorio. Los efectos estructurantes de la llegada del tren de alta velocidad en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 52, 143-163. Recuperado de <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1167>.
- Bellet, C., & Gutiérrez, A. (2012). Ciudad y ferrocarril en la España del siglo XXI. La integración de alta velocidad ferroviaria en el medio urbano. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 55, 251-279. Recuperado de <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1321>

- Bruinsma, F., Pels, E., Rietveld, P., Priemus, H., & Wee, B. (2008). The impact of railway development on urban dynamics. En: Bruinsma, F., Pels, E., Rietveld, P., Priemus, H., & Wee, B. (eds.), *Railway Development* (pp. 1-11). Berlin: PhysicaVerlag. doi: 10.1007/978-3-7908-1972-4_1.
- Burckhart, K., Martí Henneberg, J., & Tapiador, F. (2008). Cambio de hábitos y transformaciones territoriales en los corredores de alta velocidad ferroviaria. Resultados de una encuesta de viajeros en la línea Madrid-Barcelona. *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 12(270), 1-13. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/ScriptaNova/article/view/115439/145429>
- Campos, J., & De Rus, G. (2009). Some stylized facts about high-speed rail: A review of HSR experiences around the world. *Transport policy*, 16(1), 19-28. doi: 10.1016/j.tranpol.2009.02.008.
- CEOE (2019). *El transporte aéreo: aportación a la economía española y propuestas para la mejora de su competitividad*. Confederación Española de Organizaciones Empresariales. Consejo del Transporte y la Logística Departamento de Asuntos Regulatorios y Europeos. Recuperado de https://www.ceoe.es/sites/ceoe-corporativo/files/content/file/2019/11/11/1/transporte_aereo_aportacion_economia_espanola.pdf
- Clewlow, R., Sussman, J. & Balakrishnan, H. (2012) Interaction of High-Speed Rail and Aviation: Exploring Air-Rail Connectivity. *Transportation Research Record*, 2266(1), 1–10. doi: 10.3141/2266-01.
- Córdoba, J. & Gago, C. (2010). Latin American cities and globalisation: change and permanency in the context of development expectations. *Urban Studies*, 47(9), 2003-2021. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/43079850>.
- Córdoba, J. & Gago, C. (2012). Globalización, movilidad y análisis de conectividad aérea: una herramienta para la práctica interdisciplinar. *Revista de Antropología Social*, 21, 117- 146. doi: 10.5209/rev_RASO.2012.v21.40052.
- CNMC (2014). El sector aeroportuario en España: situación actual y recomendaciones de liberalización. Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. Recuperado de [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/DD5FCB6426B003AB05257DEF005A8A72/\\$FILE/Estudio_Aeroportuario_Espa%C3%B1a.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/DD5FCB6426B003AB05257DEF005A8A72/$FILE/Estudio_Aeroportuario_Espa%C3%B1a.pdf)
- CNMC (2019). La Alta Velocidad absorbió dos terceras partes del total de viajeros de tren durante 2017. Comisión Nacional del Mercado de Valores. Recuperado de <https://www.cnmc.es/node/373112>.
- CNMC (2021). El número de viajeros que eligió el tren como medio de transporte alcanzó los 511 millones en 2019, un 0,7% más que en año anterior, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. Recuperado de <https://www.cnmc.es/prensa/Informe-Anual-2019-Sector-Ferroviano-20210202>.
- Derudder, B., & Taylor, P. J. (2018). Central flow theory: Comparative connectivities in the world-city network. *Regional Studies*, 52(8), 1029-1040. doi: 10.1080/00343404.2017.1330538.
- Díez-Pisonero, R. (2016). *El aeropuerto y la ciudad en los escenarios de la globalización: una simbiosis necesaria y cambiante*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/38236/>.
- Díez-Pisonero, R. (2019). Airports and cities in the context of globalisation: A multidimensional symbiosis in Adolfo Suárez-Madrid Barajas Airport. *The Geographical Journal*, 185(4), 485-497. doi: 10.1111/geoj.12299.
- Díez-Pisonero, R. (2022). High-Speed Rail Stations and Airports: Symbolic Infrastructures of Mobility as “Places of Globalisation”, *Annals of the Austrian Geographical Society*, 163, 349-370. doi:10.1553/moegg163s349.
- Dimitrios, D., y Maria, S. (2018). Assessing air transport socio-economic footprint. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 7(4), 283-290. doi: 10.1016/j.ijtst.2018.07.001.
- ERA (2023). *Report Assessment of achievement of safety targets*, European Union Agency for Railways. Recuperado de <https://www.era.europa.eu/content/report-assessment-achievement-safety-target-2023>.
- Forer, P. (1978). A place for plastic space? *Progress in Human Geography*, 2(2), 230-267. doi: 10.1177/0309132578002002.
- Gago, C. (2003). *Región, política y transporte aéreo*. Madrid: Universidad Complutense. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/2489/>.
- Gago, C. & Córdoba, J. (2013). Sistemas urbanos en América Latina: roles y advenimientos de nuevos centros desde la perspectiva del transporte aéreo. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 33(2), 9-39. doi: 10.5209/rev_aguc.2013.v33.n2.43000.
- García, P. (2017). Las ocho estaciones del AVE en España con menos de 150 pasajeros al día. El independiente. Recuperado de <https://www.elindependiente.com/economia/2017/11/12/estaciones-ave-espana-menos-viajeros/>.
- Garmendia, M., Ribalaygua, C., & Ureña, J. (2012). High speed rail: implication for cities. *Cities*, 29, 26-31. doi: 10.1016/j.cities.2012.06.005.

- Gavira, A. (2013). Nodos, redes y áreas de influencia ferroviaria en la articulación territorial de la provincia de Sevilla. *Cuadernos Geográficos*, 52(2), 50-75.
- Gómez, Z. (2022). Euskadi ya suma tres décadas de desesperación por la llegada del AVE. Crónica Vasca. Recuperado de https://www.cronicavasca.com/economia/treinta-anos-ave-alta-velocidad-euskadi-y-vasca_648824_102.html.
- González, P. (2022a). La Xunta propone dos alternativas para que los AVE lleguen a Santiago. La Voz de Galicia. Recuperado de https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/galicia/2022/02/05/xunta-propone-dos-ave-lleguen-santiago/0003_202202G5P4991.htm.
- González, P. (2022b). Talgo ya ha fabricado 29 de los 30 trenes Avril, el AVE prémium que circulará por Galicia. La Voz de Galicia. Recuperado de https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/galicia/2022/01/23/talgo-fabricado-29-30-trenes-avril-ave-premium-circulara-galicia/0003_202201G23P7991.htm.
- Gutiérrez, J. (2004). El tren de alta velocidad y sus efectos espaciales. *Investigaciones Regionales*, 5, 199-224. Recuperado de https://old.aecr.org/images/ImatgesArticles/2007/09%20Gutierrez.pdf?_ga=2.131321871.1471894283.1683903222-272537092.1683903222.
- Harvey, D. (1983). *Teorías, leyes y modelos en Geografía*. Madrid: Alianza Editorial.
- Hosteltur (2022). Tres aeropuertos españoles entre los 10 europeos con más tráfico en junio, Hosteltur. Recuperado de https://www.hosteltur.com/152714_tres-aeropuertos-espanoles-entre-los-10-europeos-con-mas-trafico-en-junio.html.
- ITAeréa (2020). ¿Cómo se gestionan los aeropuertos en España?, Aeronautical Business School. Recuperado de <https://www.itaerea.es/se-gestionan-los-aeropuertos-espana>.
- Janelle, D. (1969). Spatial reorganization: a model and concept. *Annals of the Association of American Geographers*, 59, 348-364. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2561635>.
- Kim, H., Sultana, S., & Weber, J. (2018). A geographic assessment of the economic development impact of Korean high-speed rail stations. *Transport Policy*, 66, 127-137. doi: 10.1016/j.tranpol.2018.02.008.
- Lamoglia, E., & Rivarés, J. (2012). Nuevo régimen jurídico del sistema aeroportuario español: ¿hacia una mayor competencia entre aeropuertos?. *Revista de derecho del transporte: Terrestre, marítimo, aéreo y multimodal*, 9, 111-136. Recuperado de <http://www.revistaderechotransporte.com/sumarios/abstracts/9/RDT-9-04.pdf>.
- Lérica-Navarro, C., & Nombela, G. (2022). Liberalización de los servicios de alta velocidad ferroviaria en España: el proceso de apertura del mercado a la competencia. *Studies of Applied Economics*, 40(1). doi: 10.25115/eea.v40i1.4894.
- Li, H., Strauss, J., & Lu, L. (2019). The impact of high-speed rail on civil aviation in China. *Transport Policy*, 74, 187-200. doi: 10.1016/j.tranpol.2018.11.015.
- Liu, S., Wan, Y., & Zhang, A. (2020). Does China's high-speed rail development lead to regional disparities? A network perspective. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 138, 299-321. doi: 10.1016/j.tra.2020.06.010.
- Magariño J.F. (2022). Un año de competencia pone al Madrid-Barcelona en récord para la alta velocidad. Cinco días. Recuperado de https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/05/09/companias/1652117591_986729.html
- Marcos, J. & Huete, C. (2021). El AVE llega a Galicia tras un sinfín de plazos incumplidos y una inversión de más de 10.000 millones. El País. Recuperado de <https://elpais.com/economia/2021-12-20/el-ave-culmina-la-llegada-a-galicia-tras-un-sinfin-de-plazos-incumplidos-y-una-inversion-de-mas-de-10000-millones.html>
- Mercantil (2022). El Corredor Mediterráneo avanza en la conexión con ancho UIC de las tres capitales valencianas. El Mercantil. Recuperado de <https://elmercantil.com/2022/05/10/el-gobierno-avanza-en-la-conexion-en-ancho-estandar-entre-las-tres-capitales-valencianas/>
- MTMAU (2019). Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas de España. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Recuperado de <https://www.mitma.gob.es/portal-del-suelo-y-politicas-urbanas/atlas-estadistico-de-las-areas-urbanas>
- Muñoz, C. (2018). El modelo político territorial como factor explicativo del desarrollo acelerado de la alta velocidad en España: revisión y propuesta metodológica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 77, 111-147. doi: 10.21138/bage.2536.
- Muñoz, R. (2022). El nuevo túnel entre Chamartín y Atocha se abrirá el 1 de julio, pero sin efectos prácticos para el viajero del AVE. El País. Recuperado de <https://elpais.com/economia/2022-06-23/el-nuevo-tunel-entre-chamartin-y-atocha-se-abrira-el-1-de-julio-pero-sin-efectos-practicos-para-el-viajero-del-ave.html>

- Navarro, C., Nombela, G., & Martín, J. (2022). El ferrocarril de alta velocidad en España y otros países europeos: Un análisis comparativo. *Papeles de Economía Española*, 171, 15-176. Recuperado de https://www.funcas.es/wp-content/uploads/2022/04/PEE-171_-L%C3%89RIDA-NAVARRO.pdf.
- OFE (2019). Informe del Observatorio del Ferrocarril en España, Observatorio del Ferrocarril en España, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Recuperado de <https://www.mitma.gob.es/ferrocarriles/observatorios/observatorio-del-ferrocarril-en-espana>
- OFE (2020). Informe del Observatorio del Ferrocarril en España, Observatorio del Ferrocarril en España, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Recuperado de https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/ferroviario/observatorio/ofe_2020.pdf
- OMT (2022). 10 países con más turistas internacionales en el 2021. Entorno turístico. Organización Mundial del Turismo. Recuperado de <https://www.entornoturistico.com/10-paises-con-mas-turistas-internacionales-en-el-2021/>
- Padilla, V. (2016). Reflexiones sobre el modelo de gestión aeroportuario español. Controladores aéreos. Recuperado de <http://www.controladoresaereos.org/2016/11/28/reflexiones-sobre-el-modelo-de-gestion-aeroportuario-espanol-2/>
- Ribalaygua, C. (2005). *Alta velocidad y ciudad: estrategias de incorporación de las nuevas estaciones periféricas francesas y españolas*. Colección Cuadernos de Investigación Urbanística, 42, Instituto Juan de Herrera, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Recuperado de <http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/view/259/254>.
- Rioja, I. (2022). Vitoria y Bilbao firman dar “alta velocidad” a la llegada del AVE, que será ejecutada por el Gobierno vasco. El diario. Recuperado de https://www.eldiario.es/euskadi/vitoria-bilbao-firman-dar-alta-velocidad-llegada-ave-sera-ejecutada-gobierno-vasco_1_8731882.html
- Rodrigue, J. (2020). *The Geography of Transport Systems*. 5th edition. London: Routledge.
- Rovira, M. (2020). La salida de Ryanair del aeropuerto de Girona deja en el aire 100 empleos. El País. Recuperado de <https://elpais.com/espana/catalunya/2020-11-08/la-salida-de-ryanair-del-aeropuerto-de-girona-deja-en-el-aire-100-empleos.html>
- Sheard, N. (2019). Airport size and urban growth. *Economica*, 86(342), 300-335. doi: 10.1111/ecca.12262.
- Taylor, P. & Derudder, B. (2016). *World City Network: A Global Urban Analysis*. 2nd edition. London: Routledge.
- Ureña, J., Ribalaygua, C., Coronado, J. M., Escobedo, F., & Garmendia, M. (2006). Situaciones y retos territoriales de la Alta Velocidad Ferroviaria en España. *Ciudad Y Territorio Estudios Territoriales*, 38(148), 397-324. Recuperado de <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/75684>.
- Ureña, J., Menéndez, J., Guirao, B., Escobedo, F., Rodríguez, F., Coronado, J. M. & Martínez, Á. (2005). Alta velocidad ferroviaria e integración metropolitana en España: el caso de Ciudad Real y Puertollano. *EURE (Santiago)*, 31(92), 87-104. doi: 10.4067/S0250-71612005009200005.
- Urry, J. (2016). *Mobilities: new perspectives on transport and society*. London: Routledge.
- Wenner, F. (2020). Eurostar Architecture: Comparing High-Speed Rail Stations in Europe. En: N. Alaily-Mattar, D. Ponzini & A. Thierstein (Eds.), *About Star Architecture: Reflecting on Cities in Europe* (pp. 227-244). Springer: Nueva York. doi: 10.1007/978-3-030-23925-1_14.
- Vickerman, R. (2018). Can High-Speed Rail Have a Transformative Effect on the Economy?. *Transport Policy*, 62, 31-37. doi: 10.1016/j.tranpol.2017.03.008.
- Wyman, O. (2020). El impacto inmediato del coronavirus en el transporte aéreo será peor que el del 11S. Cotizalia Empresas. Recuperado de https://www.elconfidencial.com/empresas/2020-05-25/impacto-inmediato-coronavirus-transporte-aereo-peor-11s_2609296/
- Yanci, M. P. G., Arilla, M. J. A., Uribeondo, M. P. B., & Preciado, J. M. S. (2005). Cambios en las ciudades de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla desde su implantación. *Cuadernos Geográficos*, (36), 527-547.
- Yu, F., Lin, F., Tang, Y., & Zhong, C. (2019). High-speed railway to success? The effects of high-speed rail connection on regional economic development in China. *Journal of Regional Science*, 59(4), 723-742. doi: 10.1111/jors.12420.
- Zhang, F., Graham, D., & Wong, M. (2018). Quantifying the substitutability and complementarity between high-speed rail and air transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 191-215. doi: 10.1016/j.tran.2018.08.004.

Agradecimientos

El autor desea agradecer al ILS-Research Institute for Regional and Urban Development en Dortmund, Alemania, por la financiación recibida a través de una beca postdoctoral en 2019. Además, el autor también desea extender su agradecimiento a los compañeros anónimos que, desinteresadamente, han ayudado con su tiempo y esfuerzo como revisores de esta investigación.

Financiación

Este trabajo forma parte de los resultados de la Cátedra Extraordinaria “Iberia-UCM en transporte aéreo y movi-
dades globales” y del proyecto de investigación PID2021-123832OB-I00, financiado por el del Ministerio de Ciencia
e Innovación del gobierno de España.

Conflicto de intereses

El autor de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Propuesta para el establecimiento de nuevas áreas de aviso por temperaturas máximas en la Región de Murcia (España)

Proposal for the establishment of new maximum temperature warning areas in the Region of Murcia (Spain)

JAVIER MARTÍ TALAVERA¹  0000-0002-1624-2843

ENRIQUE MOLTÓ MANTERO²  0000-0002-8521-060X

GERMÁN SÁNCHEZ DÍAZ^{3,4}  0000-0003-2686-7545

ESTHER SÁNCHEZ ALMODÓVAR²  0000-0003-4201-0779

¹ Instituto Interuniversitario de Geografía. España.

² Laboratorio de Climatología. Instituto Interuniversitario de Geografía. Universidad de Alicante.

³ Instituto de Investigación de Enfermedades Raras, Instituto de Salud Carlos III, Madrid.

⁴ Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá.

Resumen

Uno de los grandes problemas actuales que tienen las alertas meteorológicas en España es su escasa adaptabilidad a las particularidades climáticas y poblacionales de cada territorio, lo que repercute en la existencia de unos umbrales y unas áreas de avisos que, en ocasiones, son poco acordes a las condiciones de cada lugar. En este trabajo se emplean las temperaturas máximas como ejemplo para crear una nueva metodología que permita solventar esos problemas en la Región de Murcia. Se seleccionaron los datos de temperaturas máximas diarias durante el verano meteorológico en 84 observatorios en el periodo 2000-2019. Se calcularon para cada estación los percentiles 95, 97 y 99 y se generaron tres mapas interpolados usando *kriging* universal. Mediante un análisis de superposición se generaron las distintas áreas de aviso y se establecieron unos umbrales de temperatura máxima basados en tres niveles. Con esta propuesta metodológica, se han obtenido 19 áreas de aviso meteorológico basadas en la agregación de polígonos de códigos postales. Esta zonificación implica una mejor adecuación del aviso meteorológico en el territorio, y un mayor grado de eficiencia en el plano de la protección de la población y de la gestión de la preemergencia.

Palabras clave: alerta temprana; cartografía de riesgo; fenómeno meteorológico adverso; protección civil; climatología.

Fechas • Dates

Recibido: 2023.04.26
Aceptado: 2023.10.10
Publicado: 2024.04.23

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Javier Martí Talavera
javier.marti@ua.es

Abstract

One of the principal challenges facing meteorological warnings in Spain is their lack of adaptability to the unique climatic and demographic characteristics of each region. This often results in the establishment of thresholds and warning zones that may not be entirely suitable for local conditions. In this study, we utilize maximum temperatures as a case study to develop a novel methodology aimed at addressing these issues specifically in the Region of Murcia. We collected data on daily maximum temperatures from 84 weather stations during the meteorological summer in the period 2000 - 2019. Utilizing this dataset, we calculated the 95th, 97th, and 99th percentiles for each station and generated three interpolated maps using universal kriging techniques. Warning zones were then delineated through overlap analysis, and maximum temperature thresholds were established based on three levels of risk. This methodological approach has resulted in the identification of 19 meteorological warning zones, delineated based on the aggregation of postcode polygons. This zoning strategy facilitates a more tailored adaptation of meteorological warnings to the local terrain and demographics, thereby enhancing the effectiveness of population protection and pre-emergency management.

Keywords: early warning; risk mapping; adverse weather phenomenon; civil protection; climatology.

1. Introducción

La mayor parte de los desastres con origen natural que han acaecido en las últimas décadas han sido ocasionados por peligros de carácter hidrometeorológico (Luther et al., 2019). Es por ello que una de las principales metas del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015-2030), aprobado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en junio de 2015, sea precisamente invertir en el desarrollo, mantenimiento y mejora de un sistema de alerta temprana multirriesgo (Organización Meteorológica Mundial, 2015).

Dentro de estos sistemas de alerta se encuentran los avisos meteorológicos, encargados de comunicar a la población de una zona los posibles riesgos de un evento atmosférico, como pueden ser precipitaciones intensas, fuertes vientos o temperaturas extremas. También llevan consigo la activación de protocolos, por parte de las administraciones públicas, para la salvaguarda de las personas a partir de planes de gestión para la emergencia.

Uno de los ejemplos de cuál debe de ser el objetivo de un aviso meteorológico es la propuesta descrita en el Protocolo de Aviso y Seguimiento ante Meteorología Adversa en la Región de Murcia (METEOMUR), que indica que su finalidad es *“facilitar a todos los ciudadanos y a las instituciones públicas, muy singularmente a las autoridades locales de Protección Civil, la mejor y más actualizada información posible sobre los fenómenos atmosféricos adversos que se prevean, con un adelanto de hasta 60 horas, estableciendo el protocolo de actuación y de aviso a los distintos organismos, así como mantener una información puntual de la evolución de los mismos una vez que se ha iniciado su desarrollo”* (Dirección General de Seguridad Ciudadana y Emergencias, 2015, p. 6).

La necesidad de representar estas alertas en el territorio se basa en un aspecto fundamental, como es la protección civil, la predicción y la prevención del riesgo. La zonificación del territorio para la emisión de alertas ayuda a dar una respuesta más eficaz ante la emergencia y a realizar un despliegue de medios más adecuado. Además, facilita la tarea del predictor meteorológico, que puede plasmar en un área concreta donde va a haber una mayor afectación de ese riesgo.

En España, las primeras alertas o avisos meteorológicos tienen su origen a finales de los años 80 del siglo pasado dentro del plan PREVIMET Mediterráneo (Rivera, 2002), por lo que la trayectoria llevada a cabo en esta materia es amplia. Ello ha dado lugar a múltiples modificaciones metodológicas que han hecho posible la configuración actual del Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos, más conocido como Plan Meteoadvertencia (AEMET, 2022). Dicho documento recoge toda la información acerca de los distintos tipos de fenómenos meteorológicos adversos (FMA) que suelen afectar al país, los umbrales, los niveles de avisos y la zonificación de los avisos meteorológicos.

Sin embargo, a pesar de todas las actualizaciones y modificaciones realizadas, aún existen algunas cuestiones susceptibles de mejora en la metodología de este plan. La primera surge a partir de la zonificación de los avisos, ya que en ocasiones carece de sentido, si se habla de climatología, que estas áreas queden definidas a partir de unos límites administrativos. Las actuales zonas de avisos son agrupaciones de municipios con características climáticas relativamente homogéneas. En áreas de meseta, sin grandes unidades de relieve, resulta la opción más viable, ya que apenas hay diferencias en cuanto al clima, y se pueden agrupar grandes extensiones de terreno. Además, los términos municipales son muy pequeños por lo que tampoco hay variaciones intramunicipales muy notables. El problema recae, sobre todo, en áreas con un relieve más complejo, y se acentúa en términos municipales más extensos, como ocurre con mayor frecuencia en el sur de España. Ello supone, en ocasiones, una mayor heterogeneidad climática a nivel comarcal o intramunicipal, lo que implica que esa agrupación carezca de sentido.

Un ejemplo de esta anomalía se puede observar en áreas donde existen hasta tres tipos de climas distintos agrupados en una misma zona de aviso. Al activar una alerta en este territorio solo un porcentaje de este se encontrará verdaderamente en riesgo no cumpliéndose las previsiones esperadas en el resto del área (Martí-Talavera *et al.*, 2020). Esta contrariedad también ha sido detectada en otros sistemas de avisos meteorológicos como, por ejemplo, el británico, donde se pone de relieve un problema en la distribución zonal de las alertas cuando se abarca una zona geográfica muy amplia, ya que puede dar lugar a que se envíen alertas a los planificadores de emergencias y al personal sanitario y de asistencia social de zonas no afectadas, entre otras anomalías detectadas (Roberts *et al.*, 2022).

Ello conlleva que pueda haber áreas con un alto nivel de acierto en los avisos y, en cambio, mientras que en otras no se ha llegado al umbral mínimo para su activación en las últimas décadas, lo que puede generar una falta de credibilidad por parte de la población. De ahí la necesidad de llevar a cabo una nueva metodología que permita establecer unos umbrales de temperatura más adecuados, teniendo en cuenta no solo los valores térmicos, sino también la localización de las unidades poblacionales.

También hay que tener en cuenta que los encargados de la previsión de los avisos meteorológicos son los Grupos de Predicción y Vigilancia (GPV), englobados junto con otras unidades dentro del Sistema Nacional de Predicción (SNP), que renovó su estructura y funcionamiento en 2014. Según AEMET (2014a, 2014b) el territorio nacional se dividía, por un lado, en seis zonas de especialización para fenómenos adversos, y por otro, en tres zonas atendiendo a la especialización geográfica (Atlántico, Montaña y Mediterráneo). En el primer caso existe un GPV encargado de la predicción de todos los avisos del territorio del que es competente, excepto los asociados a fenómenos costeros. Por ejemplo, en el caso de Murcia esa predicción es competencia del GPV de Málaga. Sin embargo, la predicción de los fenómenos costeros depende del GPV de Palma, que se

encarga de la especialización geográfica del Mediterráneo. Ello permite una mayor adecuación y conocimiento a las condiciones climáticas particulares de cada área, pero también genera incongruencias en zonas donde intervienen varios GPV y hay una continuidad climática.

Un ejemplo de esta problemática puede ser la existencia de “islas”, es decir, un área sin aviso rodeada de zonas donde se ha activado una alerta. Como posibles casos paradigmáticos se podrían citar el Condado de Treviño, el Rincón de Ademuz o la comarca del Altiplano de Jumilla-Yecla, en Murcia, donde en unos pocos kilómetros de extensión convergen las predicciones de hasta tres GPV distintos que pueden tener criterios diferentes. También existe otro caso donde se puede apreciar esta incongruencia, que no se debe a diferentes criterios de predicción, sino a la propia distribución zonal de los avisos. En la Región de Murcia, un buen ejemplo de ello es el enclave de Lobosillo, un pequeño territorio ubicado entre Fuente Álamo, Cartagena y Torre Pacheco que depende administrativamente del municipio de Murcia. Como se ha comentado, la zonificación de AEMET se basa en la agrupación de municipios con una climatología similar, y no se puede dividir un territorio municipal en dos. Por tanto, el enclave de Lobosillo tiene diferentes umbrales de temperatura a todo el territorio que le rodea, ya que este pertenece a la zona de aviso de la Vega del Segura, y el circundante al área de Campo de Cartagena y Mazarrón.

En otras palabras, se crea un límite o discontinuidad artificial que de forma natural no existe. De ahí, la necesidad de plantear otra alternativa, donde se prioricen las diferencias térmicas por encima de los límites territoriales, aunque ello implique la división de términos municipales y su unión con áreas climáticas de otros municipios.

El objetivo de este trabajo es proponer un sistema que permita la creación de un mayor número de zonas de aviso por temperaturas máximas en la Región de Murcia, de tal manera que ofrezca una mejor adaptabilidad a las particularidades climáticas y poblacionales del territorio y, por tanto, permita una gestión más eficiente del riesgo por parte de los responsables de la protección civil.

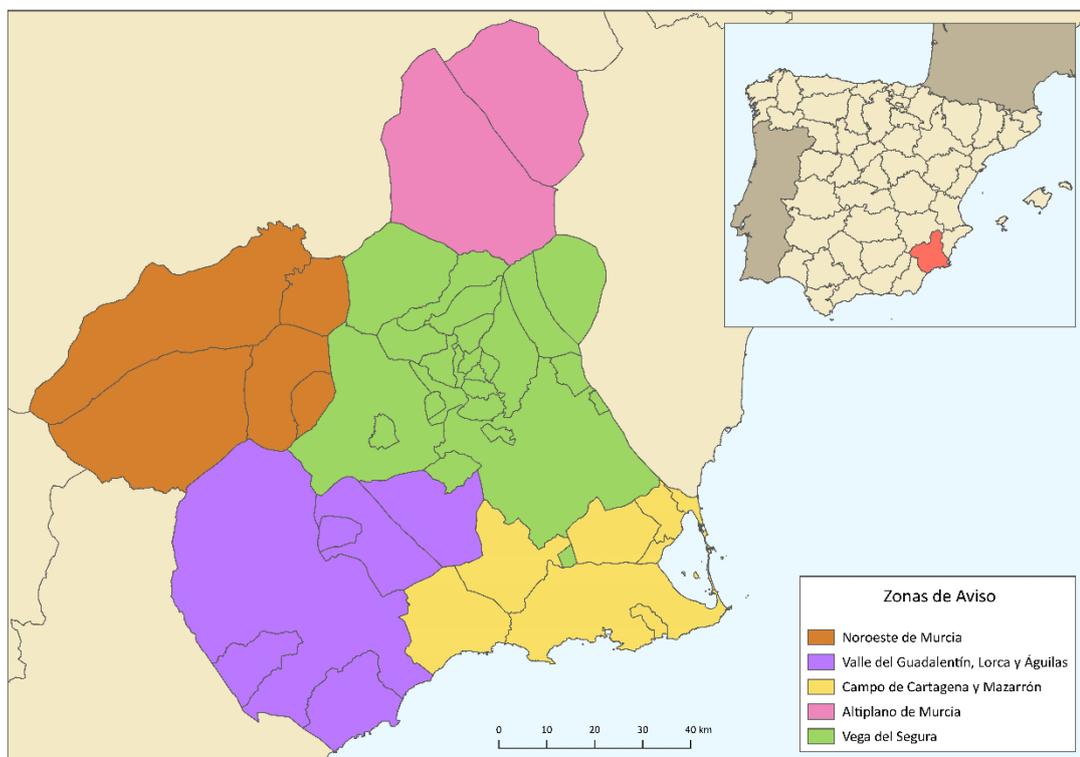
1.1. Estado de la cuestión

En España no existe una alerta meteorológica por calor, o por frío, sino que se emiten avisos meteorológicos por temperaturas máximas o mínimas. Estas alertas recogen el peligro para la salud humana que supone que la población esté expuesta a estos extremos térmicos. De hecho, se cuenta con protocolos específicos destinados a la prevención y seguimiento de estos por parte de las distintas administraciones sanitarias al margen de los avisos meteorológicos. Anualmente, el Ministerio de Sanidad publica el Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud, conocido como Plan Calor, que recoge las medidas a llevar a cabo durante episodios de altas temperaturas y la metodología utilizada para su puesta en marcha (Ministerio de Sanidad, 2022).

Dentro del marco de ese plan, desde el año 2017 se está llevando a cabo un proyecto piloto para dividir el territorio según sus valores isotérmicos, siendo utilizado en la actualidad en varias provincias. Para la Región de Murcia esta distribución compuesta por cinco áreas de aviso es la misma distribución que la del plan Meteocalor, la cual se expone en la Figura 1, aunque los umbrales son sustancialmente diferentes como muestra la Tabla 1. El cálculo de estos valores se obtiene a partir de las temperaturas “de disparo” de la mortalidad siguiendo la metodología propuesta por Díaz-Jiménez *et al.* (2015).

Sin embargo, la gran diferencia, con respecto al sistema de AEMET, es que se tienen en cuenta también las temperaturas mínimas, que también cuentan con su umbral pertinente, y que el nivel de riesgo viene dado por la persistencia de las temperaturas durante una o varias jornadas. Este hecho es importante, ya que hay que tener en cuenta el efecto de todas las variables meteorológicas relevantes para el estrés térmico, como la temperatura mínima y máxima, la humedad, la velocidad del viento e incluso la radiación solar (Matthews, 2018). No obstante, se presenta la misma problemática comentada anteriormente, a pesar de que son unos umbrales más realistas, en cuanto a las características térmicas de las áreas. Estas temperaturas no se distribuyen de forma homogénea por el territorio y siguen existiendo áreas donde esas cifras son muy poco representativas.

Figura 1. Áreas de aviso establecidas por la Agencia Estatal de Meteorología.



Fuente: Plan Meteoalerta. Elaboración propia.

Tabla 1. Comparativa entre los umbrales de temperatura del Plan Meteoalerta y del Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud.

ZONAS DE AVISO	PLAN CALOR	PLAN METEOALERTA
Altiplano de Murcia	36 °C	38 °C - 42 °C - 44 °C
Vega del Segura	34 °C	38 °C - 42 °C - 44 °C
Campo de Cartagena y Mazarrón	41 °C	36 °C - 39 °C - 42 °C
Noroeste de Murcia	31,3 °C	38 °C - 42 °C - 44 °C
Valle del Guadalentín, Lorca y Águilas	36,8 °C	38 °C - 42 °C - 44 °C

Leyenda: Los umbrales del Plan Meteoalerta hacen referencia a los tres niveles de aviso meteorológico que implican un riesgo amarillo, naranja y rojo.

Fuente: Plan Meteoalerta y Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud.
Elaboración propia.

Como se ha expuesto, la metodología oficial tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Sin embargo, no existen publicaciones destinadas a la mejora de ésta o a la propuesta de otras alternativas, lo que dificulta el debate y la discusión de resultados. Sí hay constancia de otros sistemas utilizados por distintos organismos. Por ejemplo, el Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) desarrolló un sistema de avisos para olas de calor en el ámbito de la Comunidad Valenciana. Para la realización de esta metodología, expuesta por Estrela-Navarro *et al.* (2007), se lleva a cabo un análisis sinóptico, geográfico y estadístico, a partir del cual se obtiene la división termoclimática del territorio y unos umbrales de aviso. Un aspecto a destacar es que no se han utilizado las temperaturas máximas para la obtención de los resultados, sino los valores medios. La validación de este sistema ha mostrado un gran número de aciertos, aunque dentro de los fallos predomina la sobreestimación de las predicciones (Pastor, 2013).

Otra propuesta es la realizada por Peña-Rabadán y Raso-Nadal (2008), sectorizando Cataluña en 9 áreas de aviso teniendo en cuenta como umbral de referencia el percentil 98 para los meses del verano meteorológico. El uso de los percentiles es de gran utilidad para conocer la rareza de un episodio particular, de ahí que sea utilizado con frecuencia para la realización de umbrales. Varios ejemplos de ello son la metodología utilizada por la AEMET para la definición de olas de calor y de frío (Rodríguez-Ballesteros, 2012), la estimación de umbrales de precipitaciones extremas llevada a cabo por el Servicio Nacional de Meteorología del Perú (Alfaro-Lozano, 2014) y la realización de los umbrales de precipitación y viento para la emisión de alertas dentro Servicio Meteorológico Nacional argentino (Anaya *et al.*, 2018).

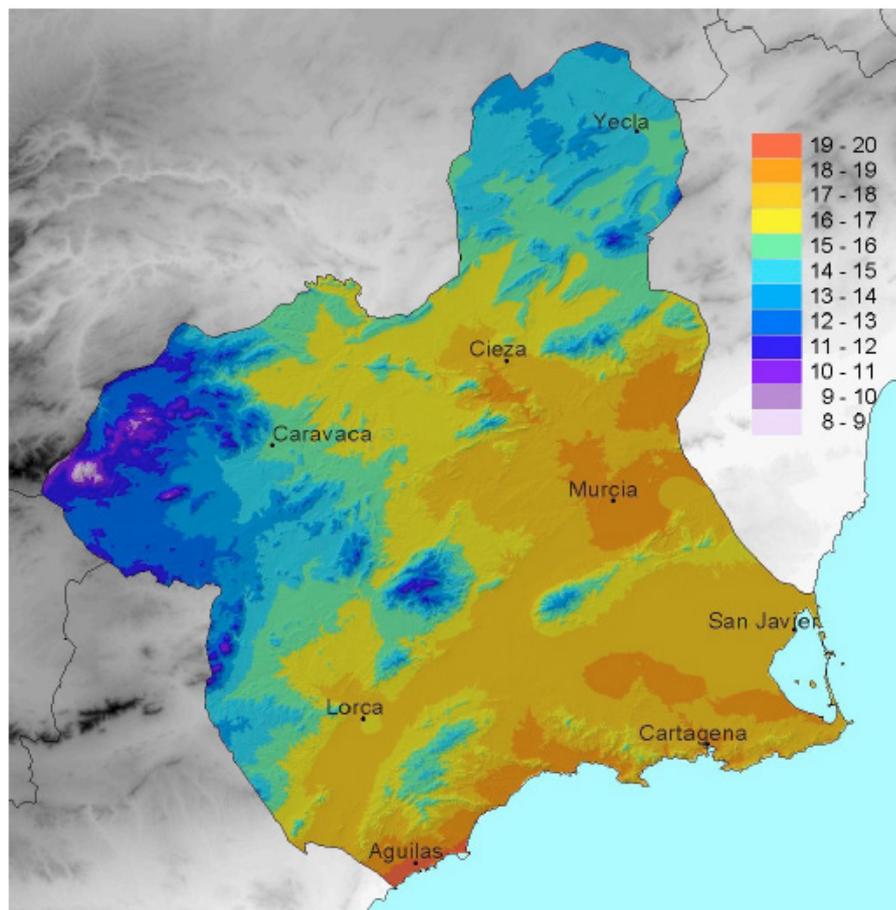
En lo que se refiere a la verificación y análisis de los avisos meteorológicos, probablemente la aportación más importante es la realizada por Del Pino-Corredera (2016). En ella se analizan las alertas relacionadas con las precipitaciones, nevadas, tormentas y rachas máximas de viento, estableciendo que, en episodios donde hay una situación meteorológica adversa y, por tanto un mayor número de FMA, como puede ser la sucesión de una Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA), los resultados obtenidos tras la verificación son mejores. Otro trabajo relevante es el de Torrijo-Murciano y Lomas-González (2018), donde se puede observar a partir de dos índices de verificación, la Probabilidad de Falsas Alarmas (PFA) y la Probabilidad de Detección (PD), y el tamaño relativo medio del área de las comarcas de aviso, si existe una mejora en la calidad de estas predicciones con respecto a la extensión del territorio tratado. Los resultados arrojan datos pocos significativos, pero indican una leve mejoría cuando el área donde se emite el aviso es mayor. Peñuela-Palma *et al.* (2019), se centran únicamente en analizar los avisos activados para la provincia de Sevilla entre 2011 y 2018, y posteriormente los comparan con los datos meteorológicos registrados en varios observatorios. Los resultados muestran un porcentaje de acierto del 33,49 %, que varía en función de cada fenómeno, siendo el más alto el cosechado en las nevadas, con un 66,67 %. Martí Talavera *et al.* (2020) analizan únicamente los avisos por temperaturas máximas en la Región de Murcia entre los años 2010 y 2017 aplicando distintos índices de verificación. A partir de esta información confeccionan una serie de mapas que sirven para distinguir las áreas donde hay una mayor sobreestimación de los avisos, que es la principal problemática de estas predicciones. Ello es debido, en gran parte, a un exceso de generalización de las áreas de aviso propuestas por AEMET, ya que, a pesar de englobar zonas que son climáticamente similares, siguen existiendo diferencias internas importantes que hacen que los umbrales establecidos estén por encima de los extremos térmicos de esos lugares.

1.2. Área de estudio

La Región de Murcia está ubicada en el sureste de la península ibérica, en una zona de fuertes contrastes térmicos (Conesa-García y Alonso-Sarria, 2006). La influencia del mar Mediterráneo, la diferencia altitudinal, la orientación de las cadenas montañosas y la exposición a determinados vientos condicionan una diversidad climática muy singular. Según Garrido-Abenza *et al.* (2014), y atendiendo a la clasificación climática de Köppen, existen en la región hasta 4 tipos de clima distintos, que transcurren desde el clima mediterráneo típico hasta el clima semiárido cálido.

En el mapa de temperaturas medias (Figura 2) se puede observar cómo los valores más bajos se registran en el extremo occidental, en las áreas de mayor altitud, con unos promedios anuales que rondan los 10 °C. En los dos altiplanos existentes, el primero compuesto por Moratalla, Campo de Caravaca y Tierras Altas de Lorca, y el segundo por Jumilla y Yecla, las temperaturas medias no sobrepasan los 15 °C, siendo las heladas muy frecuentes en invierno, con temperaturas que, en algunos puntos propensos a las inversiones térmicas, se observan temperaturas por debajo de los -10 °C (Espín Sánchez, 2021). Por el contrario, los valores más altos se registran en la costa, áreas prelitorales y algunas cuencas interiores donde se sobrepasan los 17 °C de media, siendo habitual alcanzar los 40 °C, y de forma puntual los 42 °C en algunas zonas de la Vega del Segura. Como resultado, y a pesar de ser un territorio de reducida extensión, existen unas diferencias y unos extremos térmicos notables, que sirven para reseñar la complejidad climática tan particular del sureste peninsular.

Figura 2. Distribución de las temperaturas medias anuales en la Región de Murcia (1971-2000).



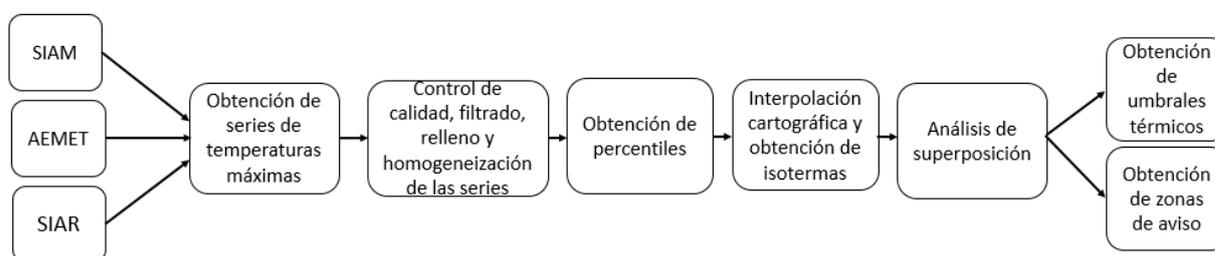
Fuente: Atlas Climático de la Región de Murcia. Garrido Abenza *et al.* (2014, p.23).

Otro aspecto a destacar es la superficie municipal y la distribución de la población en la Región de Murcia. La extensión de los 45 municipios en los que se divide la región es muy heterogénea, contando con algunos de los términos municipales más extensos de España como ocurre en los casos de Lorca (1.675 km²), Jumilla, Moratalla, Murcia o Caravaca de la Cruz (superando los 800 km²), mientras que en otros casos no llegan ni a los 15 km², como ocurre con Beniel, Ceutí y Villanueva del Río Segura (Centro Regional de Estadística de Murcia, 2014). Es precisamente en los municipios más extensos donde existen una mayor cantidad de entidades de población, en muchos casos con un número de habitantes importante. Ello se puede comprobar a partir de las estadísticas de “hábitat rural” del Atlas Nacional de España, que define a este término como el conjunto de entidades de población (aldeas, pueblos, barrios, etc), existentes en los municipios menores de 10.000 habitantes. Según esta fuente existen 949 entidades de población distribuidas por el territorio regional, habitando en el diseminado un 7,5% de la población total, más del doble del promedio nacional, que se halla en un 3,5% (IGN, 2022). Por tanto, la Región de Murcia no solo cuenta con una gran complejidad climática, sino también territorial y poblacional.

2. Metodología

La metodología utilizada para alcanzar los objetivos de este trabajo ha constado de varias fases, como se puede observar en la Figura 3. En primer lugar, se han obtenido las series de datos de observatorios meteorológicos pertenecientes a la Región de Murcia, seleccionando exclusivamente aquellas con un periodo de datos continuos entre los años 2000 y 2019. Posteriormente, se ha realizado un control de calidad de las series de temperaturas, donde se han corregido las homogeneidades presentes y se han rellenado los datos faltantes. Tras este paso, se han calculado los percentiles 95, 97 y 99 para las temperaturas máximas diarias de cada observatorio, ya que, a partir de este método, se puede obtener una cifra que sirva de umbral para definir la extrañeza de una situación, y en este caso de la temperatura máxima. Con los percentiles calculados, se han creado tres mapas térmicos mediante interpolación por *kriging* universal. Finalmente, tras realizar un análisis espacial de superposición teniendo en cuenta las áreas térmicas previamente generadas, la zonificación de los códigos postales y la ubicación de entidades de población, se han establecido nuevas áreas de aviso con sus respectivos umbrales térmicos.

Figura 3. Esquema metodológico.



Fuente: Elaboración propia.

2.1. Obtención y tratamiento de las series climáticas

Se ha optado por la utilización de tres bases de datos meteorológicos correspondientes a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), al Sistema de Información Agraria de Murcia (SIAM) del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental, y al Sistema de In-

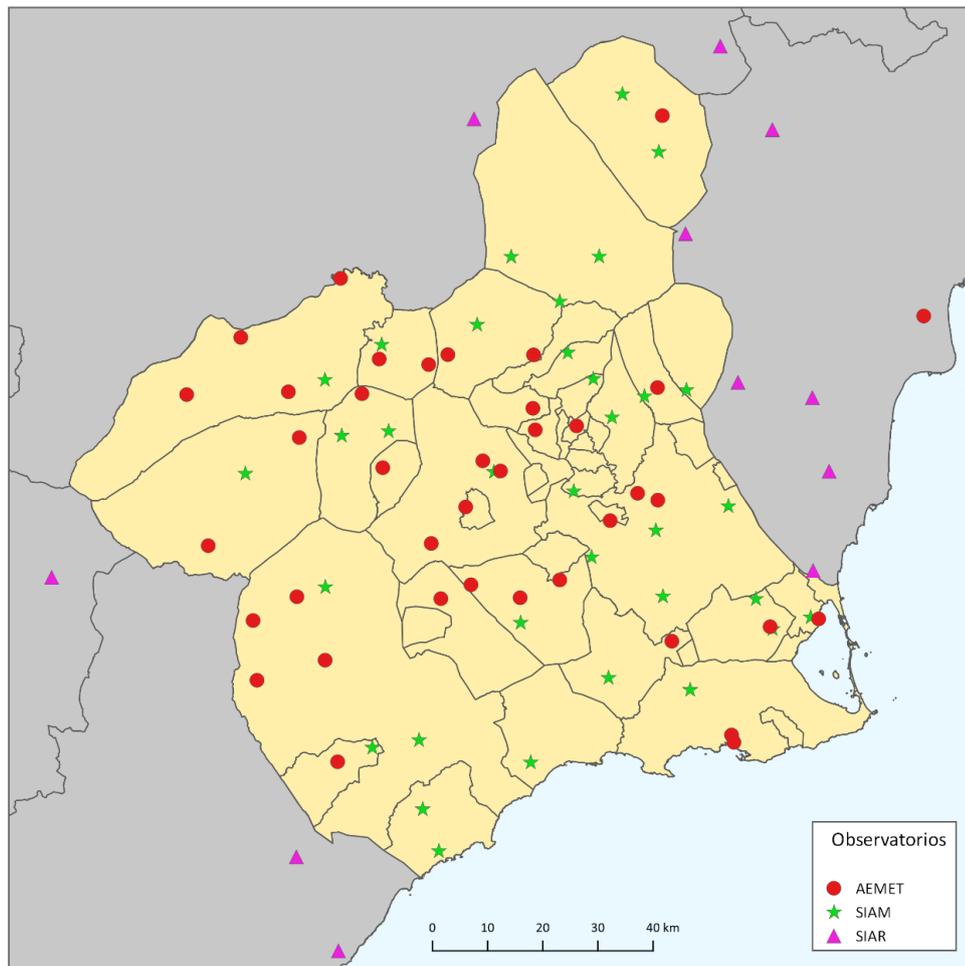
formación Agroclimática para el Regadío (SIAR) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. El empleo de estas tres fuentes de datos se debe a varios hechos. En primer lugar, a pesar del alto número de series climáticas con las que cuenta AEMET, no todas son válidas debido a que se encuentran incompletas o no tienen un rango de fechas acorde al requerido. En este caso se pretende utilizar series de temperaturas máximas comprendidas entre los años 2000 y 2019, con menos de un 10% de datos diarios faltantes. Si solo se utilizará esta base, habría únicamente 46 observatorios para toda la Región de Murcia, y existirían zonas amplias sin referencias climáticas. La red SIAM permite completar esos huecos y proporciona información de áreas más remotas dando más robustez al proceso de interpolación. En segundo lugar, los datos de los observatorios de la red SIAR, localizados en provincias adyacentes pero cercanos a la Región de Murcia, han sido añadidos para obtener unos mejores resultados en la interpolación de las temperaturas umbrales.

A diferencia de otros avisos meteorológicos que pueden ser activados en cualquier momento del año, como los avisos por viento o precipitaciones, las alertas por temperaturas máximas o mínimas tienen un periodo de inactividad. Ello es debido a que están concebidas, para avisar de la superación de un determinado umbral y no sobre la anomalía de ese fenómeno. Es decir, tener unas temperaturas máximas de 10 °C por encima de la media no implica un aviso, si no se prevé que superen los 38 °C, por ejemplo. Ante esta tesitura, se ha optado por utilizar únicamente los datos del verano meteorológico, que discurre desde el 1 de junio al 31 de agosto, periodo que suele abarcar la mayoría de avisos por temperaturas máximas.

Por tanto, se parte de una base de datos de 95 estaciones meteorológicas localizadas en la Región de Murcia y próximas a ésta. Tras desechar aquellas con un porcentaje de datos diarios faltantes superior al 10 %, la muestra se redujo a 84 observatorios, de los cuales 39 pertenecen a AEMET, 34 a SIAM y 11 a SIAR, tal y como se expone en la Figura 4.

Con los observatorios seleccionados para el estudio, se procedió a realizar un ajuste individual de cada uno de ellos con el objetivo de detectar y corregir las inhomogeneidades existentes, así como el relleno de datos diarios faltantes (siempre que cumplan el requisito previo de ser inferiores al 10% del conjunto de la serie) o corregir posibles *outliers* es decir, valores atípicos dentro de las series de temperaturas máximas observadas. Estas inhomogeneidades se pueden producir por numerosos motivos como el cambio de localización de una estación, cambios en los instrumentos de medición, cambios en el entorno local, cambios en el observador y su método de observación, así como errores de digitalización de las bases de datos (Organización Meteorológica Mundial, 2020).

Figura 3. Ubicación de los observatorios meteorológicos utilizados



Fuente: AEMET, SIAM y SIAR. Elaboración propia.

Para comprobar la calidad de la serie se ha utilizado el software ClimPACT2 (Alexander y Herald, 2016), mientras que para solventar las inhomogeneidades en la serie y el relleno de los datos faltantes se ha utilizado el paquete Climatol para el software de programación R. La principal utilidad de éste es la homogeneización relativa de series mediante un análisis que utiliza todos los observatorios a la vez mediante comparaciones entre sí (Gujarero, 2019; 2021). Climatol crea series de referencia artificial a partir de las series reales próximas, realizando después una comparación mediante el test de Alexandersson, el cual permite detectar las anomalías existentes en las series climáticas fruto de esa inhomogeneidad (Alexandersson, 1986). Con base en los resultados obtenidos, solo se han utilizado las series propuestas por Climatol que respetan más del 95 % del porcentaje de dato original, de cara a evitar una desvirtualización de los resultados y la pérdida de extremos.

Tras el ajuste de las series climáticas de los observatorios incluidos en el estudio, se ha procedido al cálculo de percentiles para cada uno de ellos. Los percentiles 95, 97 y 99 de las series de temperaturas máximas se relacionan con tres niveles de aviso, identificables también mediante colores según el riesgo que entrañan a la población (amarillo, naranja y rojo, de menor a mayor). De esta manera se obtiene el 5%, 3% y 1%, respectivamente, de los días más cálidos para el periodo anteriormente citado en cada una de las estaciones. Normalmente, el establecimiento de estos niveles se basa en criterios climatológicos para definir su grado de anormalidad, y de ahí su riesgo

para la población, pero no existen unos umbrales que definan la extrañeza de un fenómeno. Por ejemplo, AEMET establece el aviso amarillo para aquellas situaciones donde “No existe riesgo meteorológico para la población, en general, aunque sí para alguna actividad concreta” (AEMET, 2015, p. 9).

2.2. Interpolación de las series y obtención de mapas térmicos

Con los valores obtenidos anteriormente, y utilizando un Modelo Digital de Terreno (MDT) con una resolución de 500 metros como variable externa, se ha realizado un mapa interpolado utilizando un krigeado universal para cada percentil. Se ha usado este método de interpolación por los buenos resultados cosechados en estudios previos, como los realizados por Chazarra-Bernabé (2014) para la interpolación espacial de la temperatura media diaria de España, y por Núñez-Corchero *et al.* (2014) para las temperaturas y precipitaciones mensuales de Extremadura. Este método también ha sido usado con diferentes aplicaciones en otros países, donde destacan su uso para la obtención de cartografías de temperaturas en Escocia (Hudson y Wackernagel, 1994), para el cálculo de temperaturas en zonas de alta montaña como los Alpes (Jabot *et al.*, 2012), y para conocer la distribución de la temperatura del subsuelo en Alemania (Agemar *et al.*, 2012).

El MDT sirve como base para el cálculo de las temperaturas a partir de su correlación, de tal forma que las áreas de montaña tengan una menor temperatura que las zonas de valle. La resolución del MDT conlleva una serie de decisiones. Si se utiliza una resolución muy pequeña, de 5 metros, por ejemplo, se asume el riesgo de crear diferencias térmicas en zonas donde probablemente no existan, dando lugar a datos irreales. Todo lo contrario, ocurre si se utiliza un tamaño de celda muy grande, ya que impediría conocer la existencia de microclimas o de diferenciar áreas con distinto gradiente térmico. Debido a ello, se ha optado por utilizar un tamaño de celda de 500 metros, que permite conseguir una solución intermedia. Para la realización de las simulaciones se ha utilizado el software SAGA (*System for Automated Geoscientific Analyses*), el cual permite la obtención de mapas de error y visualizar mediante cartografía las zonas donde ha habido una mayor o menor desviación.

2.3. Establecimiento de áreas de aviso y umbrales de riesgo

Para generar la zonificación de los avisos se han utilizado los territorios que integran cada código postal, ya que permite responder a los objetivos iniciales de esta investigación. Por un lado, existe una mayor división espacial que con los términos municipales, 250 polígonos de códigos postales frente a 45 municipios, lo que permite amoldarse mejor a las condiciones climáticas de cada lugar y evitar generalidades, como ocurre, por ejemplo, con el sistema de avisos oficial.

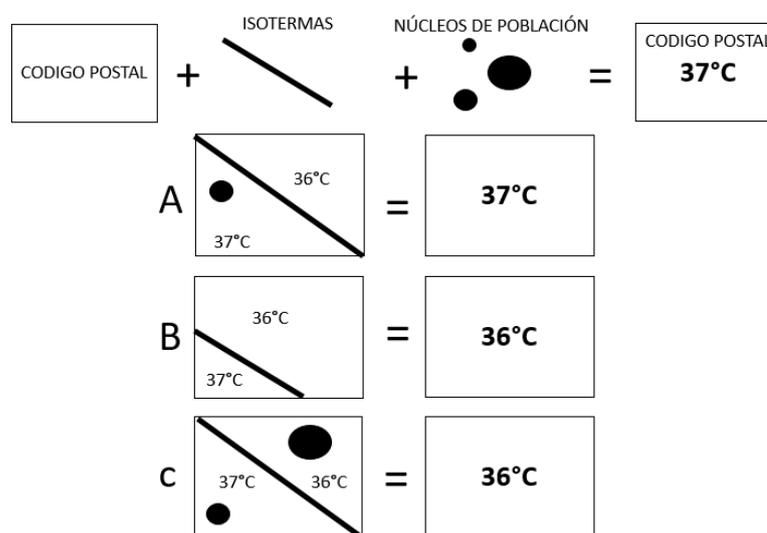
Para establecer qué temperatura le corresponde a cada código postal se realiza un análisis espacial de superposición por entidades a partir de varios criterios. Se han calculado las isotermas 0,5 °C en los mapas de aviso amarillo, aviso naranja y aviso rojo. Se ha utilizado esta cifra para un mejor entendimiento, ya que las áreas situadas por encima del 37,5 °C guardan más relación con la isoterma 38 °C, que con la de 37 °C. De esta manera, tenemos unas áreas térmicas que contienen un intervalo de 1 °C, donde, si seguimos el caso anterior, se agruparía al territorio cuyas temperaturas se mueven entre 37,5 °C y 38,5 °C. Además, se ha tenido en cuenta la ubicación de todos los núcleos poblacionales con más de 100 habitantes, ya que es un condicionante importante, puesto que su localización será determinante a la hora del análisis de superposición para determinar un

umbral de temperatura u otro. Por tanto, hay un territorio dividido en códigos postales y áreas térmicas homogéneas, añadiendo además la ubicación de los núcleos poblacionales.

A partir de la superposición de estos núcleos pueden darse tres situaciones que han sido esquematizadas en la Figura 5 para una mejor comprensión:

- Situación A. Cuando el territorio de un código postal está dividido por varias áreas térmicas, la temperatura que definirá el umbral será la del área térmica donde se ubica el núcleo de población.
- Situación B. Cuando no exista ningún núcleo de población dentro del territorio del código postal, la temperatura que definirá el umbral será la del área térmica que tenga mayor presencia en el polígono.
- Situación C. Cuando existan varios núcleos de población y varias áreas térmicas, tendrá preferencia el área que contenga una mayor cantidad de población.

Figura 5. Condiciones para establecer una temperatura umbral.



Fuente: Elaboración propia.

Todo este proceso se realiza para cada uno de los niveles de aviso, de tal manera que tenemos tres temperaturas para cada código postal: una se corresponde con el umbral mínimo del aviso amarillo, otra con el umbral mínimo del aviso naranja, y la última hace referencia al umbral del aviso rojo. Sin embargo, tras la realización de estas condiciones es posible encontrar algunas incongruencias que deben ser corregidas antes de configurar las áreas de aviso.

En algunos casos puntuales, puede ocurrir que la temperatura umbral sea la misma para dos niveles de aviso. Un ejemplo de ello sería que el territorio de un código postal en el que podemos tener un umbral para el aviso amarillo de 37 °C y un umbral para el aviso naranja en 37 °C. A partir de observar los valores establecidos para los códigos postales contiguos esta incongruencia puede ser corregida, resolviéndose en la totalidad de las ocasiones con el aumento de un grado al umbral de aviso más alto. Por tanto, si se sigue con el ejemplo anterior, el umbral del aviso naranja pasaría de 37 °C a 38 °C.

La creación de áreas de aviso se basa en la agrupación de códigos postales con umbrales de temperatura idénticos o similares. Hay que tener en cuenta que el área debe ser la misma para todos

los niveles de aviso y que no puede haber islas o discontinuidades, por lo que se tienen que de realizar ajustes en las temperaturas umbrales. Para esta reestructuración se utilizan como apoyo los percentiles calculados anteriormente para la toma de decisiones.

3. Resultados

Tras la corrección de las series climáticas de los observatorios incluidos en este estudio, el cálculo de los percentiles muestra unos resultados que revelan la disparidad entre los extremos reales y las temperaturas tomadas como umbrales para los avisos meteorológicos. En la Tabla 2 se puede apreciar cómo dos de las tres estaciones con los percentiles más bajos (las pertenecientes a Cartagena) no llegan a superar el umbral de aviso amarillo de la zona climática propuesta por AEMET, que es de 36 °C. En cambio, en los observatorios con los percentiles más altos, la situación es distinta. Las temperaturas del percentil 95 están dentro del umbral de aviso naranja de sus respectivas áreas, es decir 40 °C, por lo que en este caso habría que hablar de un caso de infraestimación. Estos ejemplos ilustran la necesidad de desarrollar una nueva propuesta de zonificación más centrada en las condiciones climáticas de cada lugar.

Tabla 2. Observatorios meteorológicos con los percentiles más altos y más bajos de las series analizadas.

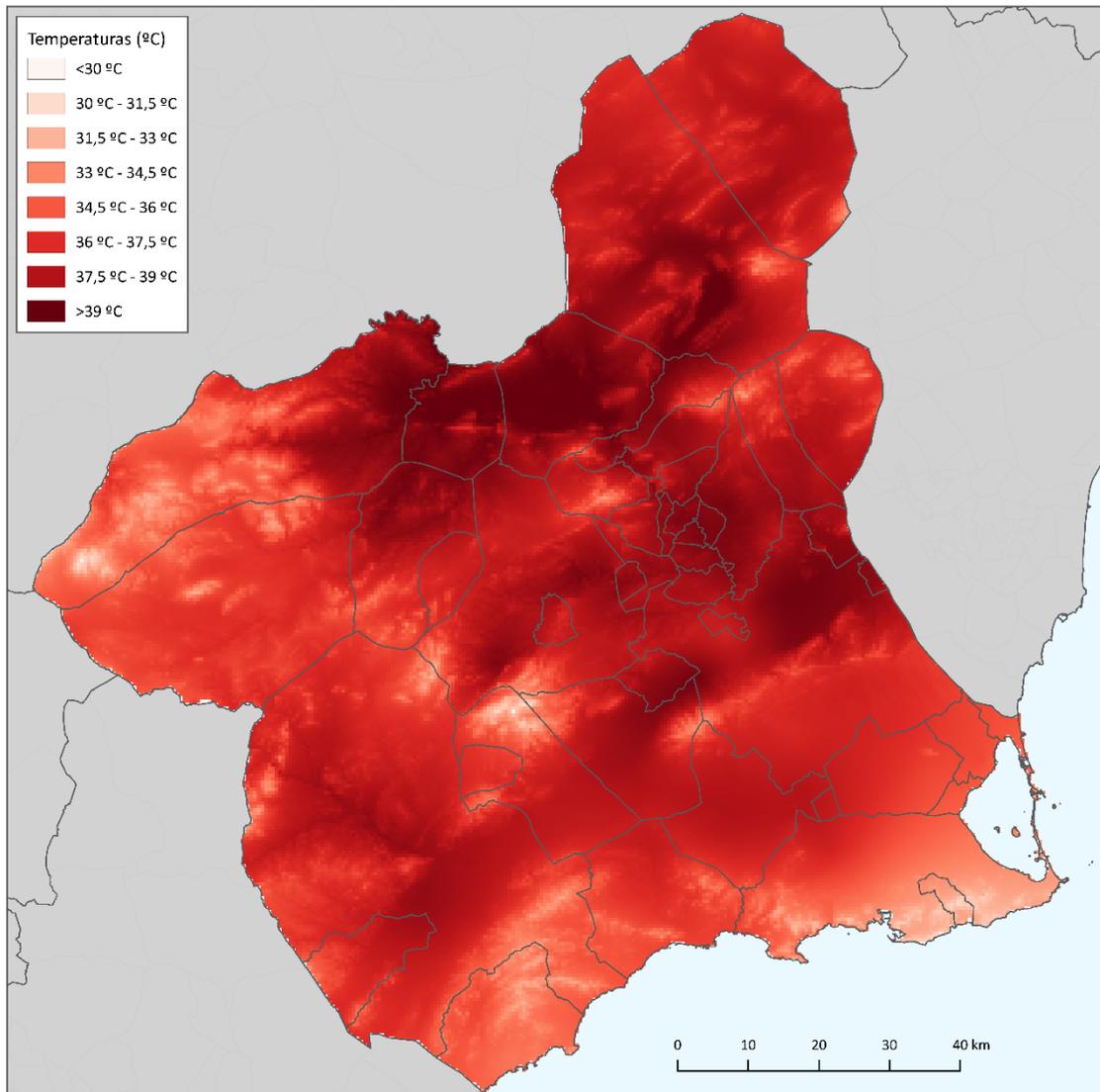
OBSERVATORIO	MUNICIPIO	PERCENTIL 95	PERCENTIL 97	PERCENTIL 99
Cartagena-Puerto*	Cartagena	31,1°C	31,5 °C	32,5 °C
La Pilica*	Águilas	32,6 °C	33,3 °C	34,7 °C
Cartagena*	Cartagena	33 °C	33,6 °C	34,6 °C
Las Encebras**	Jumilla	40,6 °C	41,4 °C	42,9 °C
Rotas**	Calasparra	40,1 °C	41 °C	42,3 °C
Casas Nuevas**	Mula	40 °C	40 °C	42 °C

Leyenda: Las tres primeras filas se corresponden con los observatorios que tienen los percentiles más bajos (*), y las tres siguientes filas con los observatorios que tienen los percentiles más altos (**).

Fuente: AEMET, SIAM y SIAR. Elaboración y cálculo propio.

Tras el proceso de interpolación mediante el krigado universal se han obtenido unos resultados que permiten disponer de una simulación de los valores térmicos añadiendo además una variable externa, como es el MDT, el cual permite la modelización del gradiente vertical determinado por la altitud. En el mapa mostrado en la Figura 6 se puede observar la simulación realizada para las temperaturas calculadas a partir del percentil 95. El área más cálida no se ubica en el entorno de la ciudad de Murcia (que tiene una temperatura media anual más elevada), sino en los municipios de Calasparra y Cieza al norte de la región, en el valle que conforma el río Segura. Los extremos térmicos observados durante los meses de verano denotan un carácter geográfico muy particular en apenas decenas de kilómetros de distancia que depende de la lejanía a la costa, la altitud y la orografía local.

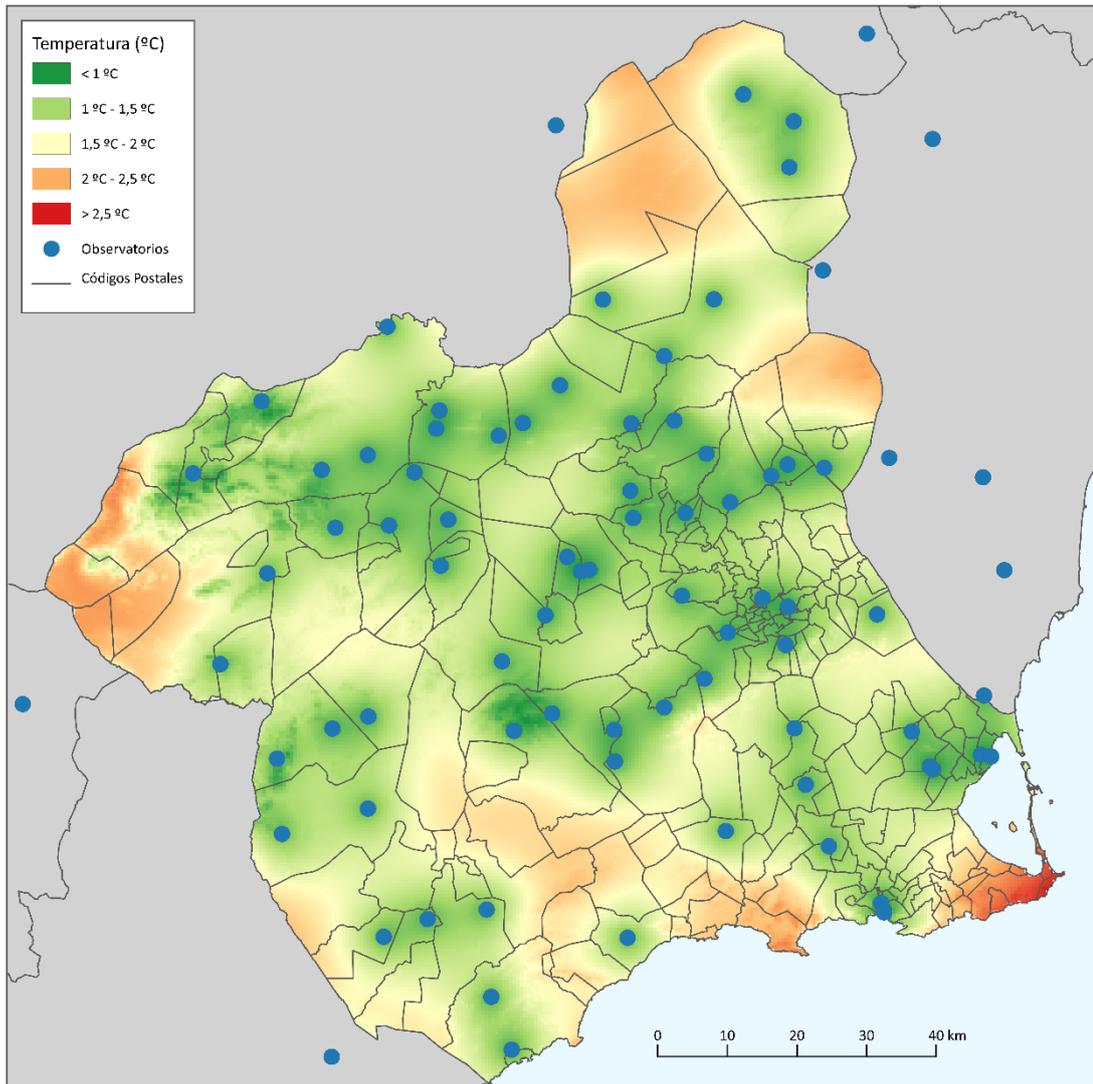
Figura 7. Resultado de la interpolación del percentil 95.



Fuente: Elaboración propia.

Al hablar de simulaciones el resultado obtenido son datos ficticios que llevan asociados un mayor o menor error después de realizar la interpolación. La Figura 7 muestra el mapa de errores de la interpolación del percentil 95, donde se pueden apreciar algunas diferencias dependiendo de la zona. Se observa cómo las áreas con mayor desviación se ubican precisamente donde hay una carencia de observatorios meteorológicos. Algunas de estas zonas son la comarca del Altiplano de Jumilla-Yecla, al norte de la Región de Murcia, donde los observatorios meteorológicos se concentran en una pequeña área, dejando una gran extensión del territorio con unos valores de error muy altos, y al extremo occidental de la región, entre los municipios de Caravaca y Moratalla. También destaca en la mitad sur de la región, el entorno del Cabo de Palos y el área de Cabo Tiñoso. Ante la ausencia de información climática, la simulación genera unos datos menos rigurosos, lo que podría derivar posteriormente es el establecimiento de unos umbrales poco adecuados, de ahí la necesidad de utilizar una gran cantidad de series climáticas y, a ser posible, procedentes de distintas fuentes.

Figura 7. Estimación de error tras la simulación de temperaturas del percentil 95.

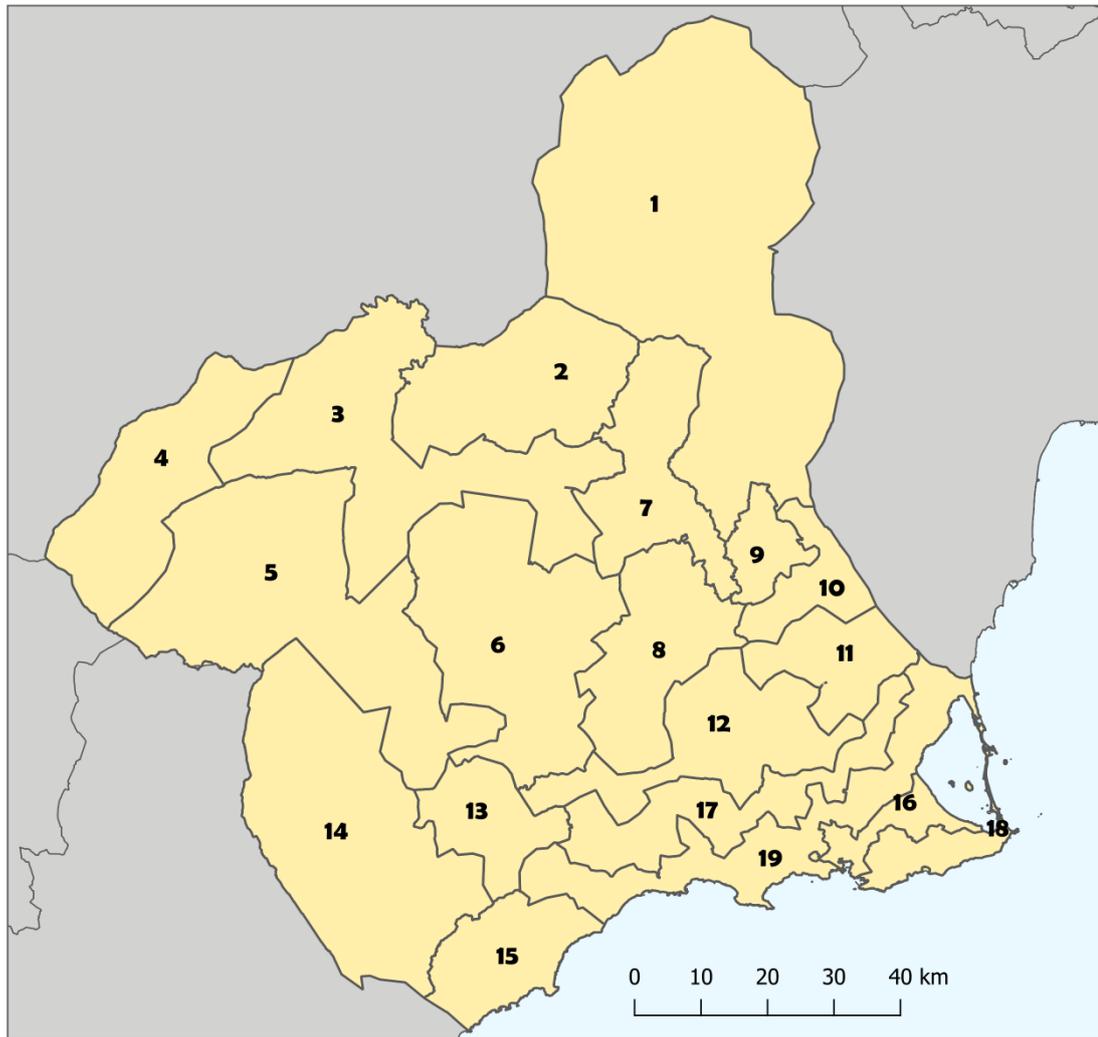


Fuente: Elaboración propia.

Tras el proceso de agrupación de los distintos códigos postales en áreas que cuentan con los mismos umbrales de temperatura siguiendo los criterios del análisis de superposición, se han obtenido 19 zonas que dividen el territorio de la Región de Murcia (Figura 8). Las áreas que concentran un mayor número de códigos postales se corresponden con las áreas metropolitanas de Murcia y Cartagena, donde hay una mayor cantidad de entidades de población. Además, con esta nueva distribución son varios los municipios que se encuentran divididos en varias áreas, siendo probablemente el más característico el municipio de Lorca, que ha sido repartido en 5 zonas de aviso, o Cartagena, que cuenta con 4 zonas distintas dentro de su municipio.

Como se puede apreciar en la Tabla 3, el área 18 concentra a los códigos postales donde se dan las temperaturas más bajas, siendo el umbral amarillo de $32\text{ }^{\circ}\text{C}$. El naranja se ha establecido en los $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el rojo en los $34\text{ }^{\circ}\text{C}$. De forma contraria, se puede observar como las áreas con los umbrales más altos son la 2 y la 9, donde el umbral del aviso rojo se establece en los $41\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figura 8. Propuesta de áreas de aviso para temperaturas máximas.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Umbrales de avisos propuestos.

ÁREA	AMARILLO	NARANJA	ROJO
1	38 °C	39 °C	40 °C
2	39 °C	40 °C	41 °C
3	38 °C	39 °C	40 °C
4	35 °C	36 °C	37 °C
5	36 °C	37 °C	38 °C
6	37 °C	38 °C	40 °C
7	38 °C	39 °C	41 °C
8	38 °C	39 °C	40 °C
9	39 °C	40 °C	41 °C
10	38 °C	39 °C	41 °C
11	36 °C	37 °C	39 °C
12	37 °C	38 °C	39 °C
13	38 °C	39 °C	40 °C

ÁREA	AMARILLO	NARANJA	ROJO
14	37 °C	39 °C	40 °C
15	34 °C	35 °C	36 °C
16	33 °C	34 °C	35 °C
17	36 °C	37 °C	38 °C
18	32 °C	33 °C	34 °C
19	35 °C	36 °C	37 °C

Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

Este trabajo de investigación que genera una propuesta de zonificación más detallada de áreas de aviso por altas temperaturas, es el primero que se realiza en la Región de Murcia intentando responder con mayor precisión a las particularidades climáticas de su territorio.

Los contrastes con respecto a la zonificación utilizada por AEMET son notables, ya no solo por la distribución espacial, sino por haber una mayor horquilla en cuanto a los umbrales de temperatura. En la metodología oficial, la diferencia en el aviso amarillo entre el área con mayor y menor temperatura es de solo 2 °C (36 °C en el Campo de Cartagena y 38 °C en el resto), mientras que en esta propuesta hay distancias de hasta 7 °C entre unas zonas y otras (32 °C en la Zona 18 y 39 °C en la Zona 2). Este hecho permite acotar los umbrales a unos valores más concretos, salvando solo 4 °C de diferencia entre los avisos amarillos y rojos, lo que supone 2 °C menos que el planteamiento realizado en el Plan Meteoaleta.

La división territorial expuesta repercute en una mejor respuesta ante el riesgo, tanto por parte de la población en general, como de los responsables encargados de la protección civil. Por ejemplo, la activación de un aviso en el Área 13 ya no implicaría que territorios donde no existe riesgo alguno, como ocurre en las áreas 5 y 15, con umbrales de temperaturas inferiores, se encuentren bajo una alerta meteorológica. Además, esta propuesta solucionaría, en muchas zonas, uno de los grandes problemas que tienen los avisos meteorológicos emitidos por AEMET, que es su elevado porcentaje de sobreestimación, lo que da lugar a falsas alarmas y, en definitiva, a desconfianza en la población, insensibilidad ante el riesgo y una fatiga por el gran número de alertas (Mackey, 2014).

Sin embargo, el estudio realizado cuenta con algunas limitaciones. El hecho de contar con pocas series proporcionadas por AEMET, que cumplan los requisitos de selección ha provocado que la muestra de estaciones sea reducida, teniendo que hacer uso de otras fuentes de datos y de series climáticas más cortas.

Además, la aplicación de esta zonificación en otros tipos de peligros atmosféricos como pueden ser las rachas de viento, las precipitaciones y las nevadas supondría dificultades metodológicas, y daría lugar a distribuciones de las áreas de aviso totalmente distintas. No obstante, existen casos como, por ejemplo, el protocolo en el cual se basan los avisos meteorológicos de la Agencia Vasca de Meteorología (Euskalmet), donde cada riesgo tiene una distribución espacial de los avisos distinta en base a diferentes criterios (Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología, 2018).

Sin embargo, el presente estudio también presenta ventajas, como el uso de los percentiles para determinar el grado de anomalía de los valores térmicos y poder instaurar así unos umbrales de temperatura más adecuados, evitando caer de esta manera, en unos umbrales triviales que

tengan poca representación en buena parte del territorio y, por tanto, generen un excesivo número de falsas alarmas. De hecho, el Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) define una Situació Meteorològica de Perill, en el caso de las temperaturas máximas, cuando la temperatura prevista es superior al percentil 98 de la temperatura máxima diaria. (Servei Meteorològic de Catalunya, 2022). Asimismo, hay que tener en cuenta que el hecho de realizar una zonificación a partir de percentiles no es nuevo, ya se había realizado previamente para Cataluña, dando lugar a 9 áreas utilizando las comarcas para la distribución zonal de los avisos (Peña Rabadán y Raso Nadal, 2008).

Otra ventaja que aporta este estudio es el uso de una metodología accesible y fácilmente extrapolable, e incluso podría ser utilizada ya no sólo para establecer una zonificación y unos umbrales de aviso, sino simplemente para conocer la distribución espacial y afectación en el territorio, y en la población, de un extremo meteorológico. El hecho de que este sistema tenga en cuenta la distribución real de la población en el territorio, es un factor que hace que se puede exportar esta metodología a otras provincias o territorios con una distribución heterogénea de la población y diversidad climática, como podrían ser las provincias gallegas, Asturias o Canarias, Málaga o Huesca, entre otros.

Como también se ha comentado, esta metodología permite una mejor gestión del riesgo por parte de los responsables de protección civil. Esta propuesta de división se centra en áreas más concretas y no abarcan territorios muy extensos, por lo que es más fácil aunar esfuerzos y rentabilizar el despliegue de medios, evitando así tomar medidas en áreas donde se no se espera que exista riesgo. Además, los encargados de la gestión de la preemergencia tienen constancia de todos los núcleos de población e infraestructuras que hay a un nivel más local. Por el lado de la sociedad, la división partiendo de códigos postales presenta el aliciente de que la población residente en un núcleo de población suele tener conocimiento de cuál es su código postal, lo que facilitaría también las labores de información a la hora de comunicar alertas desde los órganos responsables.

Para finalizar, hay que destacar algunas líneas de investigación como continuación o derivada de este estudio. En primer lugar, esta propuesta debería ser validada y comparada con la metodología oficial de AEMET, de cara a conocer las diferencias entre las temperaturas umbrales, así como las ventajas e inconvenientes de cada sistema. Para ello es necesario realizar un estudio de las distintas series térmicas y su posterior adecuación a un rango de umbrales u otro. En segundo lugar, se podría analizar la idoneidad de las áreas climáticas propuestas en este estudio aplicándolas a avisos por temperaturas mínimas. Por último, se podría aplicar esta metodología a otro tipo de divisiones territoriales más detalladas, como puede ser el uso de las secciones censales, o incluso explorar la utilización de otros métodos para la generación de áreas homogéneas, como puede ser el análisis de los componentes principales.

5. Conclusiones

En este estudio se presenta una metodología que ha permitido dividir el territorio de la Región de Murcia en 19 zonas climáticas de avisos por temperaturas máximas, frente a las 5 que propone el organismo oficial. La agrupación de los códigos postales con unos mismos umbrales térmicos ha permitido la creación de esas áreas climáticas más homogéneas, sin tener en cuenta otros límites administrativos y permitiendo realizar una división intramunicipal. Se trata, por tanto, de una metodología que ofrece como resultado una mejor adaptabilidad a las particularidades climáticas y poblacionales del territorio, especialmente heterogénea en el caso de la Región de Murcia, y

que permitiría reducir los niveles de sobreestimación de las alertas oficiales. Además, esta nueva división permite una gestión más eficiente del riesgo por parte de los responsables de protección civil, que podrían centrar su acción en áreas concretas donde existe un verdadero peligro, y no destinar esfuerzos en áreas donde por sus condiciones climáticas no existe ese riesgo.

Bibliografía

- AEMET. (2014a). *Nuevo Sistema Nacional de Predicción*. Recuperado de <https://slideplayer.es/slide/3192228/>
- AEMET. (2014b). *Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos. METEOALERTA*. Jornadas Técnica Sobre Riesgo de Inundaciones Madrid 1-2 de abril de 2014. Recuperado de <https://www.proteccioncivil.es/catalogo/naturales/jornadaRiesgoInundaciones2014/presentaciones/p505.pdf>
- AEMET. (2015). *Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos. METEOALERTA*. Recuperado de https://www.proteccioncivil.es/catalogo/naturales/gestion-riesgos_hidrometeorologicos/documentacion/Meteoalerta_v6.pdf
- AEMET. (2022). *Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos. Meteoalerta*. Recuperado de https://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/prediccion/avisos/plan_meteoalerta/plan_meteoalerta.pdf
- Agemar, T., Schellschmidt, R., & Schulz, R. (2012). Subsurface temperature distribution in Germany. *Geothermics*, 44, 65-77. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2012.07.002>
- Alexander, L., & Herold, N. (2016). *ClimPACT2: Indices and software*. Recuperado de https://awi.eprints-hosting.org/id/eprint/49274/1/ClimPACTv2_manual.pdf
- Alexandersson, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, 6, 661– 675.
- Alfaro Lozano, L. (2014). *Estimación de umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológico*. Nota Técnica N° 001 SENAMHI-DGM-2014. Recuperado de <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/345>
- Anaya, D., Palavecino, M. A., D'Amen, D., Menalled, M., Marcos, S., & Julia, C. (2018). “Generación de umbrales meteorológicos para la emisión de alertas en el Servicio Meteorológico Nacional: lineamientos para avanzar en el pronóstico por impacto”. En *Eventos Extremos de tiempo y clima: integración de conocimientos para la gestión de riesgo*. Actas del XIII CONGREGMET. Rosario, 16 al 19 de octubre de 2018. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12160/866>.
- Centro Regional de Estadística de Murcia. (2014). Municipios en cifras. En *Portal estadístico de la Región de Murcia*. Recuperado de <https://econet.carm.es/municipios-en-cifras>
- Chazarra Bernabé, A. (2014). “Interpolación espacial de la temperatura mínima diaria mediante Krigeado universal”. En *XXXIII Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española*. Agencia Estatal de Meteorología y el XIV Encuentro Hispano Luso de Meteorología. Oviedo, 7 al 9 de abril de 2014. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/5891>
- Conesa García, C., & Alonso Sarria, F. (2006). El Clima de la Región de Murcia. En C. Conesa García (Ed.), *El Medio Físico de la Región de Murcia* (pp. 95–127). Servicio de publicaciones Universidad de Murcia.
- Del Pino Corredera, J.D. (2016). “Análisis del uso operativo de los indicadores de verificación basados en tablas de contingencia en el pronóstico de fenómenos meteorológicos adversos”. En *XXXIV Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española* (p. 10). Actas de las XXXIV Jornadas Científicas de la AME y el XVII Encuentro Hispano Luso de Meteorología. Teruel, February 29–March 2. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/6098>
- Díaz Jiménez, J., Carmona Alférez, R., & Linares Gil, C. (2015). *Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al calor en España en el periodo 2000-2009*. Madrid, España: Instituto de Salud Carlos III, Escuela Nacional de Sanidad. Recuperado de <http://gesdoc.isciii.es/gesdoccontroller?action=download&id=24/07/2015-fe69310aba>
- Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología. (2018). *Predicción, vigilancia y actuación ante fenómenos meteorológicos adversos* (p. 36). Recuperado de https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/proto_meteo/es_proto/adjuntos/PE-005- Avisos de Meteorología Adversa_V10_es.pdf

- Dirección General de Seguridad Ciudadana y Emergencias. (2015). *Protocolo de aviso y seguimiento ante meteorología adversa en la Región de Murcia*. METEOMUR. Recuperado de <https://www.112rmurcia.es/attachments/article/7/meteomur2015.pdf>
- Espín Sánchez, D. (2021). *Riesgo de heladas por inversión térmica e incidencia agrícola en la Demarcación Hidrográfica del Segura (DHS)* (Tesis Doctoral). Universidad de Murcia: Murcia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10201/102361>
- Estrela Navarro, M.J., Pastor Guzmán, J., Miró Pérez, J.J., Gómez Domenech, I., & Barberá Bisbal, M.J. (2007). Diseño de un sistema de predicción operativa de niveles de riesgo por temperaturas extremas para la Comunidad Valenciana. Olas de calor. En M. J. Estrela Navarro (Coord.), *Riesgos climáticos y cambio global en el Mediterráneo español* (pp. 235-252.). Valencia, España: Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo.
- Garrido Abenza, R., Palenzuela Cruz, J.E., & Bañón Peregrín, L.M. (2014). *Atlas climático de la Región de Murcia*. Agencia Estatal de Meteorología. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/13220>
- Guijarro, J. A. (2019). *Package "climatol"* (p. 35). Recuperado de <http://www.climatol.eu/>
- Guijarro, J. A. (2021). *Homogenization of climatic series with Climatol* (p. 20). Recuperado de https://climatol.eu/homog_climatol-en.pdf
- Hudson, G. & Wackernagel, H. (1994). Mapping temperature using kriging with external drift: Theory and an example from Scotland. *International Journal of Climatology*, 14, 77-91. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.3370140107>
- IGN. (2022). Hábitat rural. En *Atlas Nacional de España*. Recuperado en http://atlasnacional.ign.es/index.php?title=Hábitat_rural&oldid=54979
- Jabot, E., Zin, I., Lebel, T., Gautheron, A. & Obled, C. (2012). Spatial interpolation of sub-daily air temperatures for snow and hydrologic applications in mesoscale Alpine catchments. *Hydrological Processes*, 26, 2618-2630. doi: <https://doi.org/10.1002/hyp.9423>
- Luther, J., Andrioli, M., Honoré, C. & Tang, X. (2019). Cómo contribuir a crear una sociedad resiliente y sostenible que esté preparada para las diferentes condiciones meteorológicas. *Boletín de la Organización Meteorológica Mundial*, 68(1), 29-37. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/10830>
- Mackie, B. (2014). *Warning fatigue: Insights from the Australian bushfire context*. (Tesis Doctoral). University of Canterbury: Christchurch. doi: <http://dx.doi.org/10.26021/4033>
- Martí Talavera, J., Moltó Mantero, E., & Sánchez Almodóvar, E. (2020). Análisis de la verificación de los avisos meteorológicos por temperaturas máximas en la Región de Murcia (2010-2017). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 86, 32. doi: <https://doi.org/10.21138/bage.2958>
- Matthews, T. (2018). Humid heat and climate change. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 42, 391-405. doi: <https://doi.org/10.1177/0309133318776490>
- Ministerio de Agricultura, Agricultura y Pesca (n.d.). Gestión sostenible de regadío. En *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Recuperado de <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/sistema-informacion-agroclimatica-regadio/presentacion.aspx>
- Ministerio de Sanidad. (2022). *Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud. 2022*. Recuperado de https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/planAltas-Temp/2022/docs/Plan_Calor_2022.pdf
- Núñez Corchero, M., Del Puerto Centeno, M., Leal Cidoncha, C. & Lázaro, C. (2014). "Análisis de dos métodos de interpolación y sus parámetros, para temperaturas y precipitación mensuales, en Extremadura". En *XXXIII Actas de las Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española*. Agencia Estatal de Meteorología y el XIV Encuentro Hispano Luso de Meteorología. Oviedo, 7 al 9 de abril de 2014. Recuperado de <https://pub.ame-web.org/index.php/JRD/article/view/2043>
- Organización Meteorológica Mundial. (2015). Hacia una reducción considerable del riesgo de desastres en 2030. *Boletín de La Organización Meteorológica Mundial*, 64(2), 3-8. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/3900>
- Organización Meteorológica Mundial. (2020). *Directrices sobre homogeneización*. Recuperado de https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10384
- Pastor, F. (2013). *Sistema de vigilancia de temperaturas extremas en la Comunitat Valenciana*. Recuperado de http://www.ceam.es/ClimactRegions_8/presentaciones/Onades_v2.pdf
- Peña Rabadán, J. C. & Raso Nadal, J. M. (2008). "Sectorización territorial de los avisos de calor emitidos por el Servei Meteorològic de Catalunya. Aplicación de un análisis en componentes principales a la temperatura máxima diaria.". En J. Sigró Rodríguez, M. Brunet India, & E. Aguilar Anfrons (Eds.), *Cambio climático regional y*

sus impactos (p. 401-412.). Tarragona, España: Asociación Española de Climatología. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/8652>

- Peñuela Palma, A., Vallejo Villalta, I. & Camarillo Naranjo, J. M. (2019). Análisis de los avisos de la AEMET en la provincia de Sevilla entre los años 2011 y 2017. *Investigaciones Geográficas*, (71), 55-74. doi: <https://doi.org/10.14198/INGEO2019.71.03>
- Rivera, Á. (2002). Las situaciones de lluvias torrenciales en el área mediterránea española y el Plan PREVIMET (I). *Revista del Aficionado a la Meteorología*, 6, 15. Recuperado de <https://www.divulgameteo.es/uploads/Previmet-I.pdf>
- Roberts, T., Seymour, V., Brooks, K., Thompson, R., Petrokofsky, C. & Landeg, O. (2022). Stakeholder perspectives on extreme hot and cold weather alerts in England and the proposed move towards an impact-based approach. *Environmental Science & Policy*, 136, 467-475. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.07.012>
- Rodríguez Ballesteros, C. (2012). *Olas de calor y de frío en España desde 1975*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11765/2533>
- Servei Meteorològic de Catalunya. (2022). Situació Meteorològica de Perill. En *Meteocat*. Recuperado de <https://www.meteo.cat/wpweb/divulgacio/la-prediccio-meteorologica/situacio-meteorologica-de-perill/#smp>
- Torrijo Murciano, R. & Lomas González, A. (2018). "La dependencia de la calidad de los avisos con el tamaño del área en el que se emiten.". En *XXXV Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española* (pp. 131-138). Actas de las XXXV Jornadas Científicas de la AME y el XIX Encuentro Hispano Luso de Meteorología. León, 5 al 7 de marzo de 2018. doi: <https://dx.doi.org/10.30859/ameJrCn35p131>

Agradecimientos

Aquí se especificará, de manera breve, el tipo de aportaciones que ha realizado cada autor durante la investigación y elaboración del trabajo.

Contribución de autorías

La redacción del estudio, planteamiento metodológico, tratamiento de la información y la realización de estadísticas y cartografía ha correspondido a Javier Martí Talavera. Enrique Moltó Mantero, Germán Sánchez Díaz y Esther Sánchez Almodóvar se han encargado de la supervisión del estudio y de dar marco teórico y metodológico.

Financiación

Este trabajo de investigación no ha contado con ayudas ni financiación.

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Evaluación del riesgo hídrico en la cuenca del arroyo Napostá Grande (provincia de Buenos Aires, Argentina)

Assessment of water risk in the Napostá Grande stream basin (Buenos Aires province, Argentina)

ALDANA MASTRANDREA¹  0000-0001-6902-1692

GUILLERMO RAÚL ANGELES¹  0000-0002-0187-6421

¹ Universidad Nacional del Sur. Argentina.

Resumen

Los eventos hidrometeorológicos extremos han adquirido una creciente visibilidad en las agendas públicas durante las últimas décadas, dados los daños materiales que ocasionan y los grupos de población que resultan afectados, especialmente, aquellos que residen en las proximidades de los cursos/cuerpos de agua. El estudio de estos eventos, así como su distribución territorial, permite identificar sectores con diferentes niveles de criticidad ambiental. El objetivo de este trabajo es analizar las características del riesgo hídrico en el tramo inferior de la cuenca del arroyo Napostá Grande (Argentina). La metodología incluyó el análisis estadístico de datos climáticos, topográficos, biológicos y edáficos. Los resultados obtenidos demostraron que las áreas que presentaron un nivel de riesgo hídrico alto se ubicaron en sectores del noreste, noroeste, sur y sureste del área de estudio; en la categoría de riesgo hídrico medio se observó una gran superficie del espacio urbano mientras que las áreas que presentaron niveles bajos se localizaron mayormente en el sector norte y este. Esta información resulta clave para el diseño y elaboración de propuestas de planificación y ordenamiento territorial tendientes a reducir los potenciales daños ocasionados por la ocurrencia de eventos potencialmente peligrosos como inundaciones, anegamientos y desbordes.

Palabras clave: peligrosidad; vulnerabilidad; geotecnologías; ordenamiento territorial.

Fechas • Dates

Recibido: 2022.09.12

Aceptado: 2023.09.14

Publicado: 2024.05.10

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Aldana Mastrandrea
aldana.mastrandrea@uns.edu.ar

Guillermo Raul Angeles
guillermo.angeles@uns.edu.ar

Abstract

Extreme hydrometeorological events have gained increasing visibility on public agendas in recent decades, given the material damage they cause and the population groups that are affected, especially those who live in the proximity of bodies of water. The study of these events, as well as their spatial distribution, allows us to identify areas with different levels of environmental criticality. The objective of this work is to analyze the characteristics of water risk in the lower reaches of the Napostá Grande stream basin (Argentina). The methodology included the statistical analysis of climatic, topographic, biological, and edaphic data. The results obtained showed that the areas that presented a high level of water risk were located in the northeast, northwest, south, and southeast of the study area; in the category of medium water risk, a large area of urban space was observed while the areas that presented low levels were located mainly in the north and east sectors. This information is key for the design and preparation of planning and land use planning proposals aimed at reducing the potential damage caused by the occurrence of potentially dangerous events such as floods, flooding, and overflows.

Keywords: dangerousness; vulnerability; geotechnologies; territorial ordering.

1. Introducción

La probabilidad de ocurrencia de escenarios de riesgo hídrico se relaciona con el comportamiento de las variables pertenecientes a un subsistema natural y a un subsistema socio-cultural (Lavell, 2002). Teniendo en cuenta el primer grupo de variables es importante caracterizar el comportamiento de la precipitación debido a que, su variabilidad, incide en la ocurrencia de eventos de exceso y déficit hídrico y, en consecuencia, en la presencia de períodos húmedos y secos (IPCC, 2012; Casado *et al.*, 2019).

En relación con los eventos de exceso hídrico, además de la precipitación, también es necesario considerar: las características de la pendiente, de la vegetación, del suelo y de la superficie impermeabilizada o construida. La pendiente interviene en el comportamiento diferencial de la escorrentía; la vegetación se vincula con la mayor o menor protección del sustrato y exposición a eventos de exceso hídrico según su estado, densidad y vigorosidad; y el suelo interviene como un parámetro de la cantidad de agua que posee la vegetación o el nivel de saturación de humedad de una superficie (Schroeder *et al.*, 2006; Camino Dorta *et al.*, 2014; Gallegos Reina, 2018).

Con respecto al segundo grupo de variables, correspondientes al subsistema socio-cultural, se encuentran: el tipo de asentamiento (espacio urbano o rural); los usos del suelo (industrial-portuario, sanitario, educativo, comercial, administrativo, financiero, recreativo y residencial); las características socio-demográficas (que inciden en la caracterización de la vulnerabilidad) y las prácticas espaciales que pueden generar, amplificar o por el contrario, reducir los efectos de fenómenos que signifiquen una amenaza (Maskrey, 1993; Ríos y Natenzon, 2015; Martín Barajas *et al.*, 2020; Mastrandrea y Angeles, 2020).

De este modo, el análisis del comportamiento de las variables que interactúan en cuencas de tamaño intermedio, especialmente, aquellos tramos que corresponden a espacios urbanos, permite establecer áreas mayormente expuestas a la ocurrencia de un evento potencialmente peligroso como, por ejemplo, inundaciones, anegamientos y desbordes de ríos y arroyos, ante la generación de precipitaciones intensas. Este problema se profundiza en regiones de clima templado subhúmedo, como ocurre en el tramo inferior de la cuenca del arroyo Napostá Grande, debido a que se

produce una alternancia de eventos secos y húmedos con una marcada variabilidad interanual de las precipitaciones (Campo de Ferreras *et al.*, 2004).

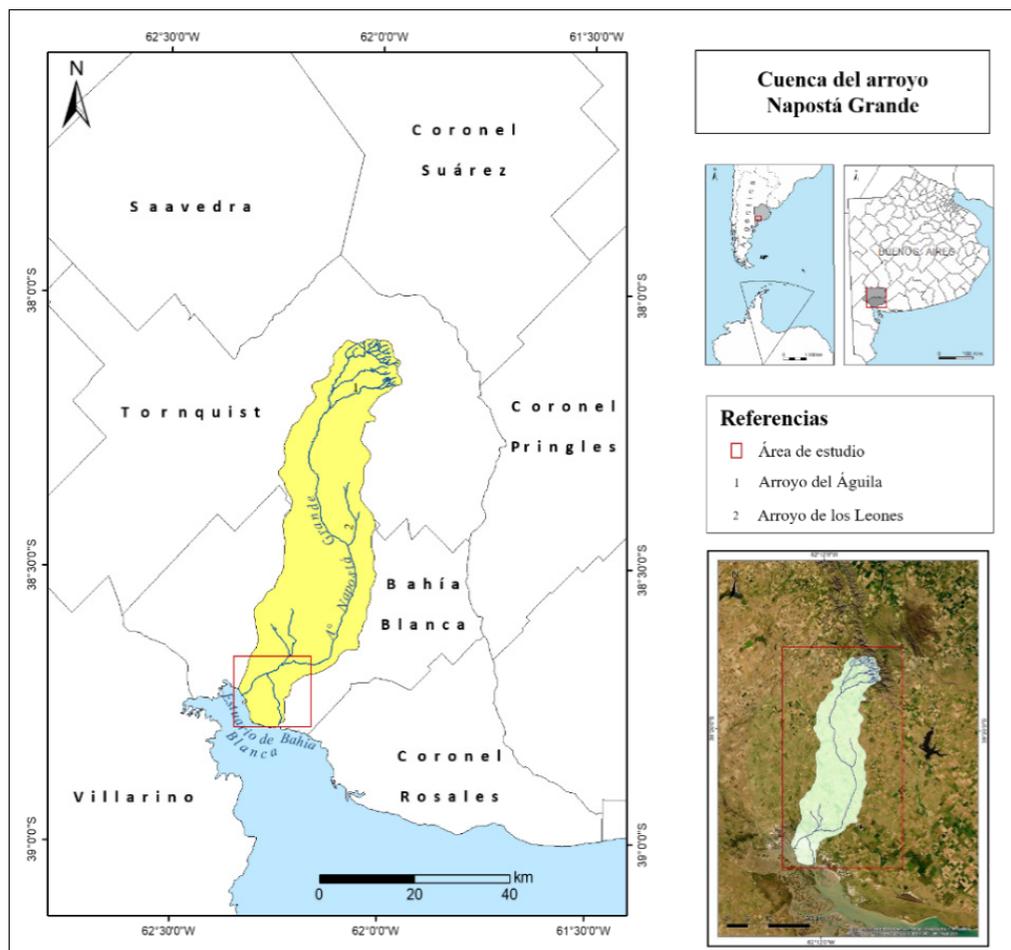
El estudio integrado del riesgo de desastres facilita el análisis de los procesos que se manifiestan en cuencas hidrográficas que han sido totalmente modificadas por el proceso de urbanización. En este sentido, adquiere relevancia el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIGs) porque permiten establecer relaciones entre las variables, exponer posibles escenarios ambientales desde una visión prospectiva y realizar modelos de simulación espacial con el propósito de diseñar instrumentos para la toma de decisiones (Bosque Sendra, 2001; Buzai, 2014; 2019).

A nivel global, se han realizado diversas investigaciones centradas en el análisis de diferentes escenarios de riesgo de desastres. Entre ellas, se pueden mencionar las llevadas a cabo por Timbe *et al.*, (2012), Olcina Cantos *et al.* (2016); Perles-Rosello *et al.* (2017); Iturralde-Vinent (2018) y Vazquez Losada (2019), entre otras. A escala nacional, regional y local también se han desarrollado estudios focalizados en el abordaje de la peligrosidad o de la vulnerabilidad (Quiroz Londoño *et al.*, 2013; Picone, 2016; Cardoso, 2017, Volonté *et al.*, 2019; Brendel *et al.*, 2020; Reyes Pontet, 2022). Sin embargo, en el área de estudio, resultan escasos los aportes tendientes a abordar de modo integral las variables tanto del medio físico-natural como socio-cultural que intervienen en la generación de escenarios de riesgo de desastres ante inundaciones. Las ciudades han sido los ámbitos donde los eventos extremos del agua se han manifestado con mayor severidad, por la concentración de la población y de gran parte del desarrollo económico, científico-técnico, de innovación y cultural (Ríos 2023).

El área de estudio incluye el tramo inferior de la cuenca hidrográfica del arroyo Napostá Grande, localizada en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) (figura 1). El arroyo nace en el cerro Napostá (1108 m.s.n.m.) y en su recorrido, en sentido norte-sur, recibe afluentes por su margen izquierdo, tanto de carácter permanente como intermitente, hasta desembocar en el estuario de la bahía Blanca. La cuenca incluye los partidos de Tornquist y Bahía Blanca, siendo la localidad homónima de este último partido el principal núcleo urbano con 301.572 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010).

El objetivo de este trabajo es analizar las condiciones de riesgo hídrico en el tramo inferior de la cuenca del arroyo Napostá Grande, en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina), correspondiente al territorio fluvial urbanizado. Para ello, se analizó el comportamiento de la precipitación mensual y anual que permitió orientar la búsqueda de una imagen satelital relativa a un evento de exceso hídrico. Luego, considerando que los efectos derivados de una precipitación intensa, no necesariamente se vinculan con la variabilidad climática propia de la región, sino con otros factores relacionados con el proceso de urbanización, se aplicaron diversos índices (Índice de Vulnerabilidad Social o IVS, Índice de Vegetación Diferencial Normalizada o NDVI, Índice de Diferencia Normalizada Edificada o NDBI, Índice de Superficie Construida o BUI e Índice de Agua de Diferencia Normalizada o NDWI) que junto con el análisis de las pendientes condujeron a la elaboración de la cartografía final de riesgo hídrico. Los resultados obtenidos permitieron identificar sectores con niveles diferenciales de criticidad ambiental, información valiosa para el diseño de propuestas de planificación urbana tendientes a reducir los potenciales daños ocasionados por la ocurrencia de inundaciones, anegamientos y desbordes.

Figura 1. Área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

2. Metodología

2.1. Determinación de las condiciones de peligrosidad ante eventos de exceso hídrico

Para analizar las condiciones de peligrosidad en el tramo inferior de la cuenca, en primer lugar, se analizó el comportamiento mensual y anual de la precipitación a través de la información climática provista por organismos gubernamentales (Servicio Meteorológico Nacional, SMN-Argentina) y de la prensa escrita y periodismo televisivo y digital de la ciudad de Bahía Blanca. Dichos datos¹ fueron procesados, graficados y analizados y sirvieron como un insumo básico para la búsqueda de una imagen satelital correspondiente a un evento significativo de exceso hídrico.

Para ello, en segundo lugar, se descargó una imagen satelital Landsat 8 OLI-TIRS (Path: 226, Row: 087) del sitio Servicio Geológico de Estados Unidos². La fecha de la misma (16 de marzo de

1. Se seleccionó el período 1996-2017 debido a que se incluyeron los eventos más recientes vinculados con la alternancia de eventos de exceso y déficit hídrico en el marco de la realización de la tesis doctoral "*Percepción y representaciones sociales del riesgo hídrico en el sudoeste bonaerense. El caso de la cuenca del arroyo Napostá Grande*" (Mastrandrea, 2021). Tal evento facilita el análisis de los efectos que una inundación, anegamiento y/o desborde puede ocasionar en el espacio urbano y los sectores que se encuentran más expuestos a estos fenómenos con el propósito de establecer propuestas de gestión del riesgo hídrico que consideren la configuración actual (últimos veinte años) de la ciudad.

2. USGS: página Web: <https://www.usgs.gov/>.

2015) coincidió con los efectos derivados de las precipitaciones ocurridas días previos al evento (10 y 11 de marzo del 2015) en los que la prensa escrita y el periodismo digital de la ciudad de Bahía Blanca comunicaron las consecuencias vinculadas con sucesivos días de concentración de humedad en el suelo³. La elección de esta imagen se relacionó con la mínima presencia de nubes en la escena lo cual resultó óptimo para efectuar el análisis del comportamiento espectral de diferentes coberturas terrestres (superficies construidas, edificaciones, espacios verdes, suelo expuesto, cuerpos de agua), luego de seis días posteriores al evento seleccionado.

Considerando las precipitaciones ocurridas a partir del día 10 de marzo de 2015 y, en función de la radiación electromagnética reflejada por las diferentes coberturas, se identificaron áreas con distintos grados de peligrosidad ante eventos de exceso hídrico. En el análisis se desarrollaron diferentes metodologías vinculadas con el procesamiento digital de imágenes satelitales y con la utilización de SIGs. Una vez descargada la imagen se aplicó un procedimiento de *layer stacking* con el objeto de realizar la corrección atmosférica simultánea de todas las bandas consideradas. Para ello, se utilizó el módulo Semi-Automatic Classification Pluggin (SCP) (Congedo, 2016) que se ejecutó a través del software libre QGIS®.

Posteriormente, se calcularon índices (NDVI, NDWI, NDBI y BUI, este último, a través de la combinación del NDVI y NDBI) teniendo en cuenta las bandas que se requieren para cada uno de ellos (Rouse *et al.*, 1974). Considerando la resolución multi-espectral de las imágenes satelitales Landsat 8 se aplicaron diferentes operaciones aritméticas entre bandas para construir los índices propuestos en función de la información que se deseaba interpretar y analizar. Una vez obtenidas las imágenes derivadas de los diferentes índices calculados, se aplicó una máscara para recortar las imágenes de acuerdo con los límites del área de estudio (límite del tramo inferior de la cuenca). Finalmente, las capas raster obtenidas se reproyectaron al sistema de proyección POSGAR 98-faja 4 con el objetivo de superponer los resultados junto al resto de las variables consideradas (límite de cuenca, hidrografía y pendiente) para su posterior análisis.

En cuanto a los índices efectuados y las características de las pendientes se realizó una reclasificación de cada una de las capas raster considerando la probabilidad de favorecer u obstaculizar la generación de escenarios de exceso hídrico (Mastrandrea y Angeles, 2021). De este modo, se asignó un peso de 25 a las variables que tienen una incidencia baja en la determinación de escenarios de peligrosidad; un valor de 50 a aquellas que tienen una incidencia moderada; un valor de 75 a las que presentan una incidencia media-alta y un valor de 100 a las que tienen una incidencia alta (tabla 1). Luego se realizó una suma lineal ponderada de los índices (BUI, NDWI) y pendientes reclasificadas a través de un álgebra de mapas raster para obtener el mapa final de peligrosidad a nivel de cuenca inferior.

3. Ejemplo de ello, fueron las noticias publicadas por *La Nueva* y *La Brújula24.com* que expresaron: “Desbordó el Napostá y Defensa Civil tuvo que evacuar a una mujer y su hija” (*La Nueva*, 14 de marzo de 2015); “Problemas en la zona alta por los desbordes del arroyo Naposta” (*La Nueva*, 15 de marzo de 2015) y “Desbordó el Napostá y se inundó el predio de empleados de comercio” (*LaBrújula24.com*, 14 de marzo de 2015), entre otras.

Tabla 1. Asignación de pesos a las variables involucradas ante la probabilidad de ocurrencia de eventos de exceso hídrico

Variables	Explicación	Peso
Índice de Superficie Construida (BUI)	Los sectores que se ubican entre los valores de -133 a -206 corresponde a áreas sin presencia de superficie construida con predominio de áreas forestadas y ocasionalmente con vegetación. El sector norte y sur del tramo inferior de la cuenca se encuentra representado por esta categoría.	75
	En el rango de valores de -133 a -73 se ubican las zonas anegables con escasa superficie construida. Por ello, se asigna el peso máximo.	100
	Las áreas que en la imagen se encuentran en un rango de entre -73 y 0 corresponden a áreas edificadas, pero también a sectores con predominio de suelo expuesto en el periurbano de la ciudad, motivo por el cual, se considera de importancia moderada.	50
	Los sectores que en el cálculo del índice se encuentran en un rango de valores de entre 0 y 81 corresponden generalmente a superficies construidas. Teniendo en cuenta que estos sectores cuentan con la presencia de desagües pluviales y colectores urbanos se estima que el agua, luego de un tiempo, drena libremente no así en aquellos sectores con ausencia de equipamiento urbano o con calles de tierra.	25
Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)	Los valores mayores al valor 165 corresponden a cuerpos de agua y zonas temporal o permanentemente inundadas, por esto se asigna el peso máximo.	100
	Entre 100 y 165 se encuentran las áreas con presencia parcial o total de agua así como también aquellos sectores inundables y anegadizos motivo por el cual se asigna un peso de la categoría medio-alto.	75
	En un rango de entre 65 y 100 se ubican las áreas con predominio de suelo expuesto y modificado (asfalto, construcciones), por ello se considera de importancia moderada.	50
	Los valores que en la imagen se ubican en un rango de entre -32 y 65 corresponden a áreas con un predominio de cobertura vegetal por lo que se consideran de importancia baja dado que el agua puede absorberse en caso de un evento de exceso hídrico. Estos valores se ubican en el sector norte y sureste del tramo inferior de la cuenca.	25
Pendientes	Las pendientes más bajas correspondientes a terrenos llanos (0 – 1%) que son los que se encuentran mayormente expuestos a la ocurrencia de fenómenos de inundaciones y anegamientos debido al arrastre de sedimentos desde terrenos más elevados y su acumulación pendiente abajo. Por este motivo se asigna el mayor peso.	100
	Las pendientes correspondientes a terrenos llanos o casi llanos (1,01 - 1,5%) se encuentran en un nivel de peligrosidad medio-alto. Si bien no representan la máxima probabilidad de anegarse igualmente se encuentran expuestos, motivo por el cual se asigna un peso de la categoría medio-alto.	75
	Los sectores que presentan pendientes con probabilidad moderada de anegarse corresponden a las pendientes que se ubican entre un 2 a 4%. La dirección de la escorrentía desde sectores con elevadas pendientes hacia zonas con pendientes bajas conforma un sector transicional que puede inundarse o anegarse ocasionalmente. Por ello, se considera de importancia moderada.	50
	Los terrenos con pendientes más pronunciadas (4 a 13 %) representan una probabilidad baja de inundarse ante eventos de exceso hídrico. No obstante si bien no constituyen sectores que se inundan con una frecuencia elevada pueden ocasionalmente atravesar por dicha situación, motivo por el cual se asigna un peso de 25.	25

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Determinación de las condiciones de vulnerabilidad ante eventos de exceso hídrico

La generación de un Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) permitió identificar sectores en la ciudad de Bahía Blanca, correspondiente al tramo inferior de la cuenca, con grados diferenciales de vulnerabilidad ante eventos de exceso hídrico. Para la obtención del índice se utilizaron fuentes de información secundaria provenientes de la base de datos REDATAM + SP del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda (INDEC, 2010) a nivel de radios censales. Las variables seleccionadas respondieron a las categorías de personas, hogares y viviendas. Las mismas se representaron en formato vectorial según el método de la desviación estándar -acorde con el

valor *Omega*- y luego, fueron reclasificadas en formato raster como subproductos utilizados para realizar una suma lineal de las variables y obtener así, el mapa síntesis final.

Según Buzai (2014) el proceso de construcción de un índice de vulnerabilidad social se compone de una serie de etapas: selección de las variables en función del objetivo que guía la investigación (tabla 2), recopilación de datos de fuentes confiables (en este caso, INDEC), creación de la matriz de datos, normalización-estandarización de las variables, cálculo del puntaje *Omega* y generación del índice. Los diferentes niveles son categorizados en intervalos de igualdad y representados cartográficamente para su análisis. Es importante destacar que a través de la estandarización de los datos de cada variable (el cálculo del puntaje omega lleva los valores originales a un rango que va del 0 al 100) éstos se vuelven comparables:

$$Omega = xi - m / M - m$$

(Donde *Omega* es el puntaje estándar del íesimo dato, xi es el dato original a ser estandarizado, mientras que m y M son respectivamente el menor y mayor valor de la variable).

Con el propósito de transformar los valores de las variables seleccionadas en unidades adimensionales que permitan establecer comparaciones se realizó una estandarización de las mismas a través del cálculo del puntaje *Omega* (Buzai, 2014). El procedimiento transforma los valores de las variables (expresados en porcentaje en relación con el total de población por radio censal) llevándolos en un rango de 0 al 100 que corresponden a los datos mínimos y máximos respectivamente. Así, el valor 100 representa la peor situación de cada variable mientras que el valor 0 corresponde a la mejor situación.

Posteriormente, se definieron diferentes categorías para representar los niveles de vulnerabilidad cuyos resultados se representaron espacialmente a través del empleo de SIGs. De esta manera, la aplicación del método mencionado, permitió detectar fácilmente las áreas más críticas de vulnerabilidad social con respecto a la distribución de los datos de cada variable en función del total de población por radio censal. Dado que el índice de vulnerabilidad expresa una situación de desfavorabilidad en el territorio que ocupa la población, en el presente estudio, se seleccionaron las variables de costo que son las que manifiestan las situaciones más susceptibles de ser afectadas ante diversos inconvenientes ambientales y, entre ellos, la posible ocurrencia de eventos de exceso hídrico (Mastrandrea y Angeles, 2020).

Tabla 2. Dimensiones, variables e indicadores que componen el IVS

Dimensión	Variables	Costo	Indicador
Educación	Analfabetismo	• % de población analfabeta	Nivel de instrucción
	Nivel de instrucción alcanzado	• % de población con nivel de instrucción inicial completo. • % de población con nivel de instrucción primario completo. • % de población con nivel de instrucción EGB completo. • % de población con nivel de instrucción especial completo.	
Laboral	Condición de actividad	• % de población desocupada.	Nivel socio-económico
	Condición de actividad	• % de población inactiva.	

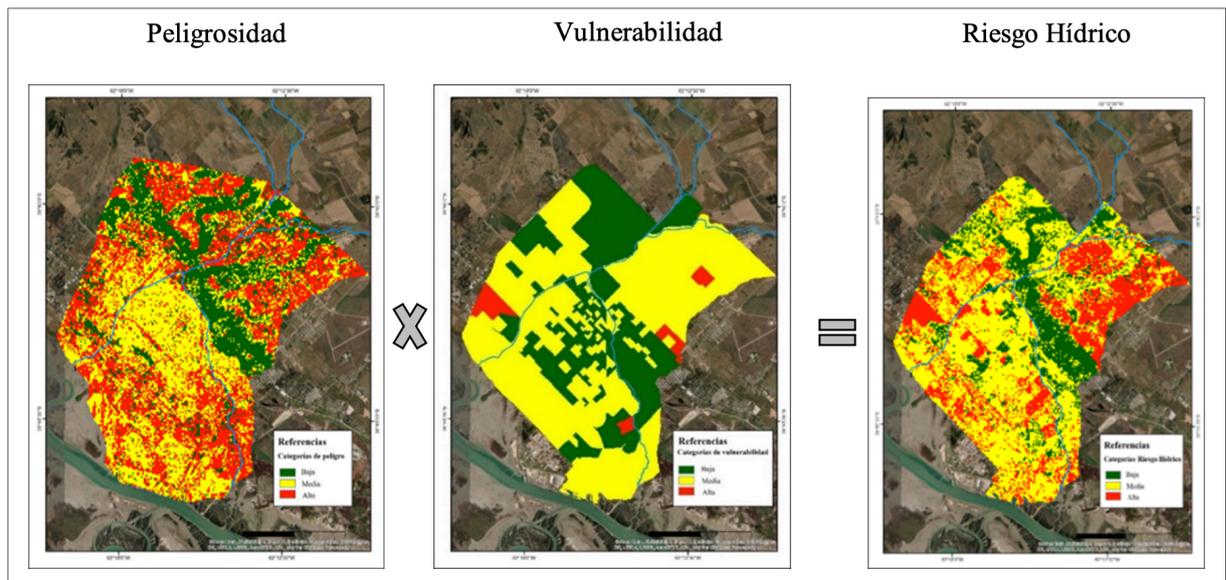
Dimensión	VARIABLES	Costo	Indicador
Habitacional (hogares y vivienda)	Tipo de vivienda	% de población en viviendas tipo Ranchos y Casillas	Calidad habitacional
	Cantidad de hogares por vivienda	• % de población en hogares con hacinamiento (más de 2 personas por cuarto).	
	Calidad constructiva de la vivienda	• % de población en hogares con calidad constructiva de la vivienda insuficiente.	
	Calidad de conexiones a servicios	• % de población en viviendas con conexión a servicios insuficiente.	
	Cubierta del techo	• % de Chapa, fibrocemento, otro.	
	Material de los pisos	• % de población en viviendas con material predominante de los pisos: tierra o ladrillo suelto.	
Salud	Desagüe del inodoro	• % de población en hogares con acceso sólo a pozo ciego. • % de población en hogares con acceso a hoyo o excavación.	Calidad sanitaria
	Procedencia de agua para beber y cocinar	• % de población que utiliza agua de pozo para beber y cocinar. • % de población que utiliza agua lluvia, canal, río, para beber o cocinar.	

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Evaluación del riesgo hídrico en el tramo inferior de la cuenca del arroyo Napostá Grande

Las interrelaciones que se manifiestan entre las condiciones de peligrosidad y vulnerabilidad permite identificar escenarios de riesgo hídrico a través de la representación cartográfica, resultado de la aplicación de diferentes técnicas de análisis espacial, como: cálculos e índices estadísticos, Evaluación Multicriterio y álgebra de mapas (figura 2).

Figura 2. Información espacial utilizada para la elaboración de la cartografía de riesgo hídrico.



Fuente: Elaboración propia.

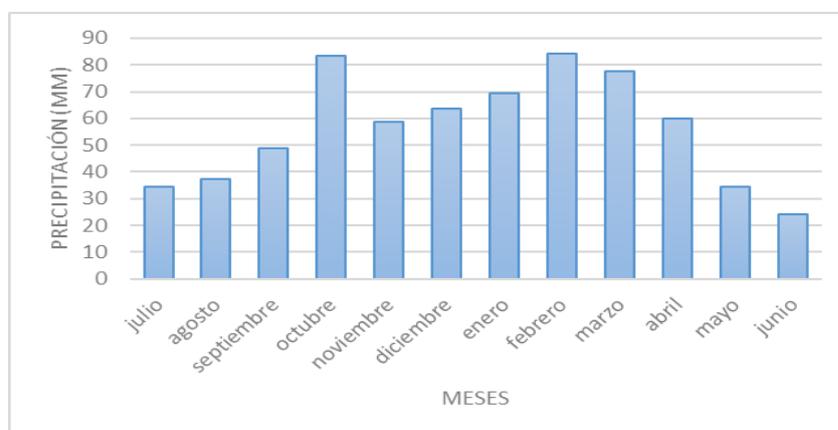
El análisis de las variables físico-naturales y socio-culturales incluidas en el estudio permitió determinar los sectores con mayor o menor riesgo hídrico como factor clave para identificar las áreas prioritarias de intervención en materia de planificación y ordenamiento territorial. Para la elaboración del mapa de riesgo hídrico se consideró el mapa de peligrosidad y vulnerabilidad social. Luego, en el software QGis®, se multiplicaron tales productos cartográficos a través de la herramienta de la calculadora raster. De este modo, se establecieron los sectores en los que las condiciones de peligrosidad y vulnerabilidad se superpusieron luego de haber multiplicado las capas correspondientes a las variables del medio físico-natural y socio-cultural, dando lugar a las siguientes categorías de riesgo hídrico: baja, media y alta.

3. Resultados

3.1. Análisis de la precipitación mensual y anual en la ciudad de Bahía Blanca

Considerando los valores medios mensuales del período 1996-2017 en la estación Bahía Blanca Aero el mes más lluvioso fue febrero con precipitaciones medias de 84 mm, seguido de los meses de octubre (83,5 mm) y marzo (77,7 mm). Por su parte, los menores valores correspondieron a la estación de invierno con un promedio de 31,97 mm siendo junio (24,1 mm), mayo (34,4 mm) y julio (34,6 mm) los meses en los que se han registrado los valores más bajos de precipitaciones. Dichas variaciones demostraron que en primavera y verano se registraron las máximas precipitaciones y, en invierno, las mínimas para el período de tiempo considerado (figura 3).

Figura 3. Distribución de la precipitación media mensual en la estación pluviométrica Bahía Blanca Aero (1996-2017)



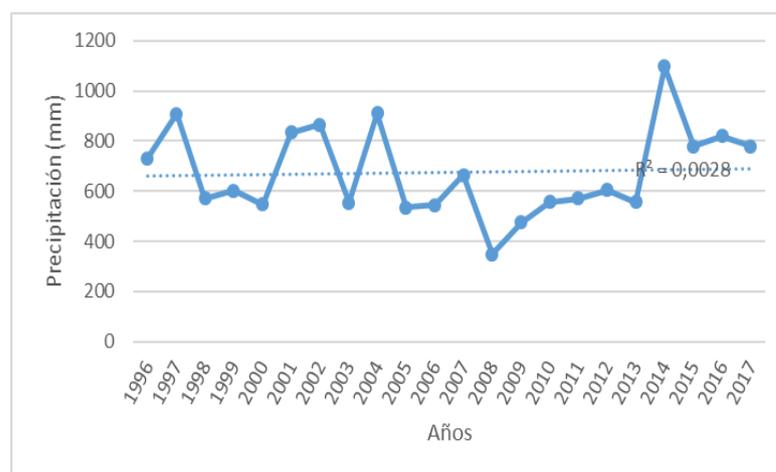
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, además del valor medio mensual máximo (que corresponde a febrero) es importante destacar que el segundo mes más lluvioso fue octubre del año 2002 (226,9 mm mensuales). En tal sentido, se identificó un evento significativo ocurrido los días 14 y 15 de octubre de ese año que sumaron 120 mm en dos días y causaron el colapso del sistema de desagües pluviales (*La Nueva Provincia*, 12 de noviembre de 2002). Según el periódico local *La Nueva Provincia*, en el año 2002, luego de un prolongado período de días lluviosos entre los meses de octubre y noviembre, el nivel que alcanzó el arroyo Napostá Grande provocó el desborde y la rotura de las paredes del canal Maldonado, problema que continuó manifestándose a través del tiempo (*La Nueva*, 24 de febrero de 2004). Por lo que se evidencia que en el espacio urbano los principales conflictos

se derivan de la insuficiente capacidad de estos canales para contener caudales que se acumulan cuando ocurren intensas precipitaciones en cortos períodos de tiempo, como las ocurridas en dichos años. Además, las intervenciones llevadas a cabo por las autoridades locales para contrarrestar sus efectos, generalmente, terminan agravándolos, siendo los grupos más vulnerabilizados y marginalizados que residen en las proximidades de los frentes de agua urbanos aquellos más perjudicados (Mastrandrea y Ríos, 2022).

Teniendo en cuenta la distribución de la precipitación anual se observó que la media anual fue de 675,6 mm considerando 21 años de datos (figura 4). La distribución de los registros pluviométricos anuales se presentó de manera uniforme con respecto a los años con precipitaciones inferiores y superiores a la media y evidenció un comportamiento regular. Sin embargo, se registró un año con valores que excedieron los 1000 mm como, por ejemplo, el 2014 y años con valores cuyas precipitaciones se encontraron por debajo de los 500 mm, como los años 2008 y 2009. Dichos fenómenos se expresaron en una dispersión de los valores pluviométricos y un comportamiento variable de la precipitación en esos años. Según diversas investigaciones el período 2008-2009 presentó una de las sequías más importantes para el país y la región, cuyo origen se atribuye al fenómeno La Niña. D'ambrosio *et al.* (2013) sostienen que la escasez de precipitaciones respecto de la media generó graves consecuencias en diversos ámbitos como el socio-económico, ambiental y agropecuario.

Figura 4. Distribución anual de la precipitación media mensual en la estación pluviométrica Bahía Blanca Aero (1996-2017)



Fuente: Elaboración propia.

Considerando la distribución de los datos, es posible observar que determinados años se encontraron relativamente dispersos en relación con la media, notándose casos puntuales como: 1997 (909,3 mm), 2001 (834,2 mm), 2002 (866,2), 2004 (911,1), 2008 (348,8 mm) y 2014 (1098,6 mm). En cambio, en el período 1998-2000; en 2007; en el período 2010-2012 y en 2015-2017 los datos se distribuyeron en relación con el promedio de la estación y por ello se encontraron cercanos a la línea de tendencia media.

A partir de la observación del gráfico realizado, si bien la tendencia expresó un comportamiento relativamente estable, es posible identificar una variación de la precipitación en el período de tiempo considerado. Se destacan oscilaciones que responden especialmente a la alternancia de las precipitaciones en el sudoeste bonaerense en el marco de períodos húmedos y secos. Ejemplo de

ello, fue el evento del mes de octubre del 2014 que puede observarse claramente como un valor que sobresale con respecto a los demás. Las menores precipitaciones ocurrieron durante el período 2008-2013, siendo inferiores al valor medio mientras que las mayores ocurrieron en 2001-2002; 2004 y 2014-2017. Luego, se destacaron eventos puntuales en determinados años como las precipitaciones anuales registradas en 1997, 2001, 2002, 2004 y 2014 que superaron la media anual de 675,6 mm.

En el corte 1996-1997 la tendencia es ascendente y, teniendo en cuenta el análisis de los datos, es posible identificar que en esos años las precipitaciones han aumentado pasando de 731,9 mm a 909,3 mm anuales. Se evidencia que en el año 1997 llovieron 177,4 mm más que en el año 1996. Sin embargo, desde 1997 a 1998 se observa un descenso acusado de las precipitaciones que se mantiene debido a que, de 909,3 mm pasa a 572,1 mm y dicha tendencia se mantiene estable hasta el año 2000.

Recién a partir del año 2001 se observa un comportamiento ascendente de la precipitación ya que, en ese año, llueven 285,8 mm más que en el año 2000 y esta situación se mantiene constante hasta el 2002. Desde el 2002 al 2003 se observa un nuevo descenso que se revierte desde el 2003 al 2004 y vuelve a disminuir del 2004 al 2005, tendencia que continúa hasta 2007. Es desde 2007-2008 la etapa en la que se reconoce un brusco descenso de las precipitaciones, período coincidente con la sequía ocurrida en el país y en la región. De 2008 a 2013 la tendencia es levemente ascendente pero aún continúa por debajo del promedio anual para este período. Luego, de 2013 a 2014 se observa un acusado ascenso de las precipitaciones cuyos valores superan la media anual del período llegando casi a duplicar los valores de precipitaciones de un año a otro respectivamente. Sin embargo, de 2014 a 2015 se vuelve a generar un brusco descenso de las precipitaciones iniciando una tendencia que se mantiene estable pero aún por encima de la media anual del período -exceptuando 2016- hasta 2017.

En síntesis, el comportamiento de la precipitación en el período 1996-2017 en la estación Bahía Blanca Aero si bien ha sido relativamente estable ha tenido fluctuaciones: las mayores precipitaciones se registraron en el año 2014 con 1098,6 mm anuales mientras que el año con menores registros pluviométricos fue el 2008 con 348,8 mm anuales, vinculado con la sequía ocurrida en la región. Esta situación se evidencia claramente en el gráfico elaborado debido a que a simple vista se puede observar que se registraron picos pronunciados en 1997, 2001-2002, 2004 y 2014 y descensos significativos en 1997-1998; 2002-2003; 2004-2005; 2007-2008; 2012-2013 y 2014-2016.

3.2. Identificación de sectores con niveles diferenciales de criticidad ambiental: evaluación de las condiciones de peligrosidad

Luego del análisis de la precipitación mensual y anual y de la elaboración de diferentes índices se observó el comportamiento espectral de las coberturas consideradas con respecto a la probabilidad de ocurrencia de eventos de exceso hídrico. La respuesta espectral captada por el sensor de las superficies con presencia total o parcial de vegetación, edificación y agua facilitó la identificación de sectores con diferentes niveles de criticidad ambiental ante un evento de precipitación intensa. En este caso, es importante mencionar que el 2014 -luego de 1976- presentó el registro de precipitación más elevado con 1098,6 mm anuales (*La Nueva*, 2 de enero de 2015), motivo por el cual, se seleccionó un evento posterior a dicho año ya que se quiso analizar la respuesta espectral de diferentes coberturas ante una significativa concentración de humedad en el suelo.

Teniendo en cuenta el NDVI (figura 5) es posible observar que la distribución de los valores más bajos, es decir correspondientes a coberturas que tienen una cantidad, densidad y/o vigorosidad de vegetación baja o nula, se ubicaron especialmente en el sector centro, macrocentro y sur del espacio urbano. Por su parte, los valores más altos del índice, es decir aquellos que expresaron una mayor cantidad, densidad y/o vigorosidad de vegetación, se ubicaron en zonas alejadas del centro y macrocentro acompañando la extensión de la ciudad. Se destacó el predominio de valores bajos en los píxeles de la imagen del sector correspondiente a la mancha urbana especialmente en el centro y macrocentro, en el área donde se localizan las instalaciones del sistema portuario al sureste, en el sector próximo a la planicie costera en el sur y en determinadas superficies vinculadas con construcciones relativas a complejos recreativos, comerciales y residenciales en el noreste de la ciudad. Por su parte, los valores altos (con mayor presencia de vegetación) correspondieron a espacios verdes y especialmente al periurbano de la ciudad.

Esta distribución de los valores explica que los sectores más alejados del centro presentan una cobertura vegetal que favorecería la absorción de agua ante un evento de precipitación extrema mientras que la superficie impermeabilizada en el valle de inundación del arroyo dificultaría el drenaje y generaría un aumento de la velocidad de la escorrentía por el material de las calles de asfalto. Sin embargo, es preciso destacar que en el sector céntrico también se encuentra una mayor proporción de infraestructura hidráulica (redes de alcantarillado, desagües pluviales, bocas de tormenta y canalizaciones, entre otras) que atenúan los efectos derivados de la acumulación de agua en las calles mientras que las áreas ubicadas en el periurbano, por su crecimiento reciente y dinamismo, no cuentan con la totalidad del equipamiento necesario para sobrellevar un evento de precipitación torrencial.

Tales cuestiones ponen de manifiesto la dificultad que conlleva analizar la configuración de escenarios de riesgo hídrico en espacios urbanos, dada la multiplicidad de factores que intervienen en la dinámica de este tramo de la cuenca. Es así como la relación de variables propias del medio natural con otras de tipo socio-cultural debieran considerarse de forma integral en el estudio del riesgo hídrico.

Luego, a través de la observación del índice NDBI puede observarse en la figura 6 que el centro y sureste del espacio analizado expresan los valores más altos indicando una mayor densidad de superficie construida e impermeabilizada. Este resultado puede explicarse en las dos formas que presenta la ciudad de Bahía Blanca para lograr su crecimiento: una de ellas, por verticalización y la otra, por extensión. Por su parte, en el sector sureste también se destacan las construcciones e instalaciones vinculadas con el sistema portuario. Es importante destacar que, a través de la observación de los valores de los píxeles de la imagen, se descubrió que una debilidad de este índice radica en que confunde las superficies de suelo desnudo y de agua con superficies impermeabilizadas. Por ello, es notable observar que hacia los extremos noroeste, noreste y suroeste los valores son elevados donde se evidencia suelo desnudo y hacia el límite de la planicie costera en el suroeste donde se ubican los canales de marea.

Exceptuando dichas confusiones de respuesta espectral, el NDBI, muestra claramente las áreas con predominio de las superficies construidas de las que no lo están. Ejemplo de ello, son los sectores cuyos valores son los más bajos del índice que se encuentran representados en color marrón y que corresponden al norte, oeste y sur del área estudiada. Es notable observar la discriminación de calles de tierra a través de dichos valores factor que debe considerarse debido a que promueve una acumulación prolongada de agua luego de la ocurrencia de una precipitación intensa.

En suma, teniendo en cuenta los valores más bajos del índice (representados en colores marrones), es decir aquellas coberturas con una menor proporción de superficie impermeabilizada, se destaca el periurbano de la ciudad especialmente hacia el norte, oeste y suroeste. Considerando los valores más altos del índice (representados en colores violetas) es decir, aquellas superficies impermeabilizadas, continúa destacándose el sector céntrico que sobrepasa los límites impuestos por el arroyo Napostá Grande y el Canal Maldonado; las instalaciones del sistema portuario hacia el sureste y establecimientos comerciales e instalaciones deportivas destinadas a un uso del suelo recreativo en el sector norte de la ciudad.

De la relación entre el NDVI y el NDBI se elaboró otro índice denominado Índice de Superficie Construida (BUI) que permitió discriminar claramente la presencia de superficie edificada ya que estas coberturas junto con el suelo desnudo suelen reflejarse más en el Infrarojo de Onda Corta (SWIR) que en el Infrarojo Cercano (NIR). En la figura 7 puede observarse que el sector céntrico de la ciudad y las áreas próximas a la planicie costera presentan los valores más altos de este índice (representados en colores rojos). Mientras que los valores más bajos (representados en colores verdes) se asocian con espacios verdes y superficies con un mayor predominio de vegetación en el periurbano y sector norte de la ciudad. De este modo, la relación entre la densidad y/o vigorosidad de la vegetación (obtenida en el NDVI) y la proporción de superficie construida (obtenida a través del NDBI) mediante la elaboración de un nuevo índice (BUI) permitió relacionar y superponer la información obtenida anteriormente para elaborar una nueva síntesis del comportamiento espectral de las coberturas consideradas.

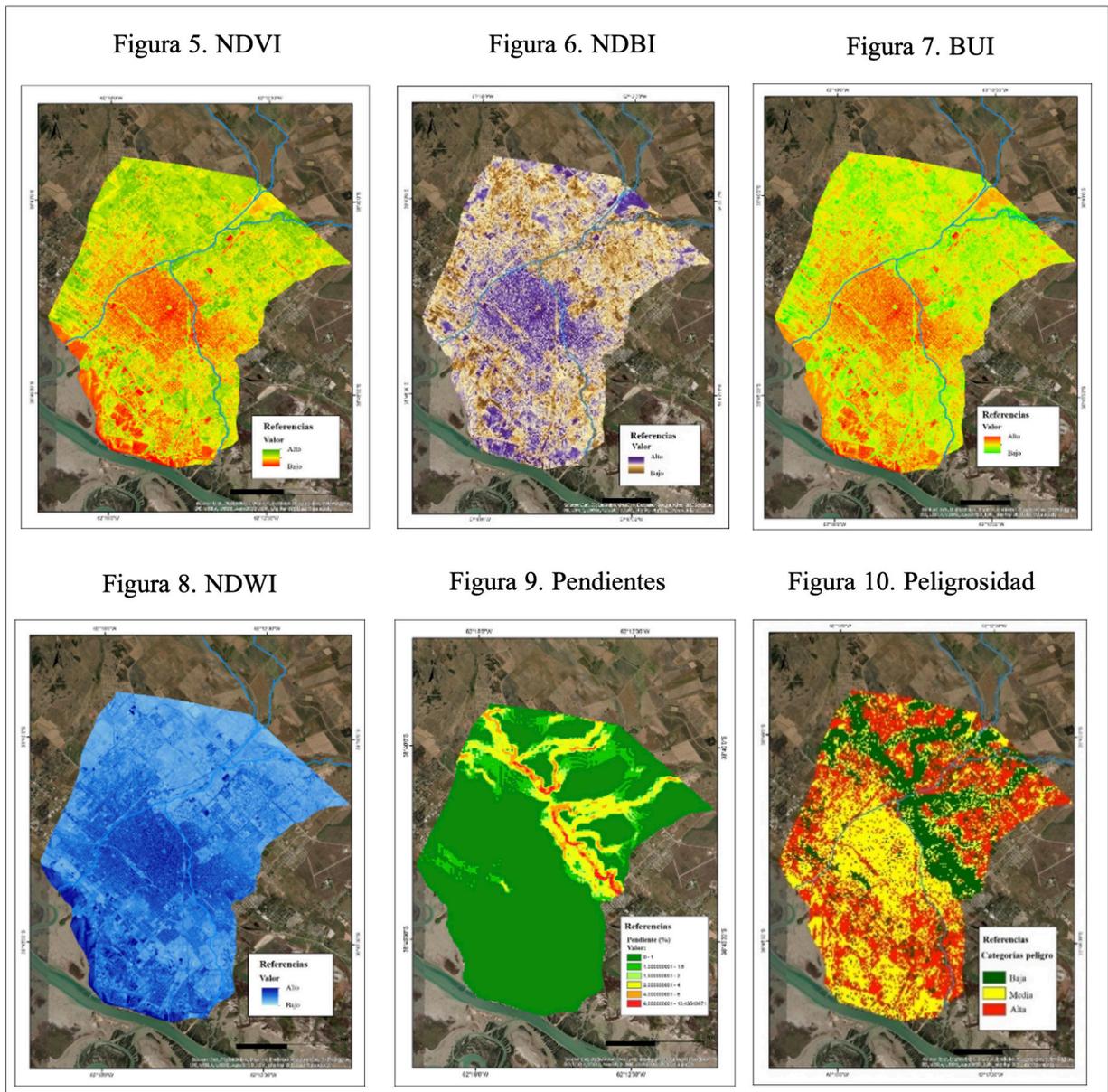
En relación con los valores derivados del NDWI, en la figura 8 se puede observar que la planicie costera representa los valores más elevados, así como las playas de estacionamiento de los centros comerciales de la ciudad, las áreas con presencia parcial de agua correspondiente a zonas inundables o anegadizas, los sectores con presencia de asfalto y los techos de edificaciones residenciales y comerciales que han concentrado la humedad luego de sucesivos días de precipitaciones. También, se observan sectores del sur y oeste de la ciudad en los que se evidencian valores altos en suelos que son potencialmente anegables por presencia de calles de tierra y ausencia de infraestructura urbana tendiente a favorecer el libre drenaje del agua, luego de una intensa lluvia. Por su parte, los valores más bajos se encuentran representados por zonas con predominio de cubierta vegetal debido a que, los espacios verdes y el periurbano de la ciudad, presentan una cobertura que absorbe la presencia de agua y amortigua posibles eventos de anegamientos e inundaciones.

Además de los índices elaborados, otra de las variables que ha sido considerada fue la pendiente debido a que sus diferentes niveles inciden en las modalidades de escurrimiento del agua. En el mapa elaborado (figura 9) es notable observar que la mayor parte de la superficie del tramo inferior de la cuenca presenta niveles de pendiente muy bajo correspondiente a terrenos llanos (0 - 1%). Se destacaron terrenos con pendientes de entre un 1 y 2 % en el sector norte de la ciudad donde luego de pendientes más pronunciadas el agua escurre y se deposita en bajos inundables. En cuanto a las pendientes medias (2 - 4 y 4 - 6%) es posible observar que se ubicaron en zonas lindantes al curso del arroyo y en sectores donde las curvas de nivel se encuentran más estrechas. Y, finalmente las pendientes más pronunciadas (6 - 13%) se localizaron próximas al curso fluvial e inciden notablemente en la dirección del escurrimiento determinando sectores susceptibles a la acumulación temporal o permanente de agua.

Teniendo en cuenta los índices efectuados y las características de las pendientes se realizó una reclasificación de cada una de las capas raster considerando la probabilidad de favorecer u obsta-

culizar la generación de escenarios de exceso hídrico. Luego se realizó una suma lineal ponderada de los índices (BUI, NDWI) y pendientes reclasificadas para obtener así, el mapa final de peligrosidad (figura 10).

En términos generales, se observa que los sectores que presentan una peligrosidad alta se ubicaron hacia el norte, sur y oeste y los que tienen una peligrosidad baja se localizan en el noreste, este y noroeste. Por su parte, se destaca zonas con peligrosidad media en la mayor parte del centro de Bahía Blanca disminuyendo esta tendencia a medida que la ciudad se extiende y sobrepasa los límites impuestos por el arroyo Napostá Grande, el canal Maldonado y las vías del ferrocarril.

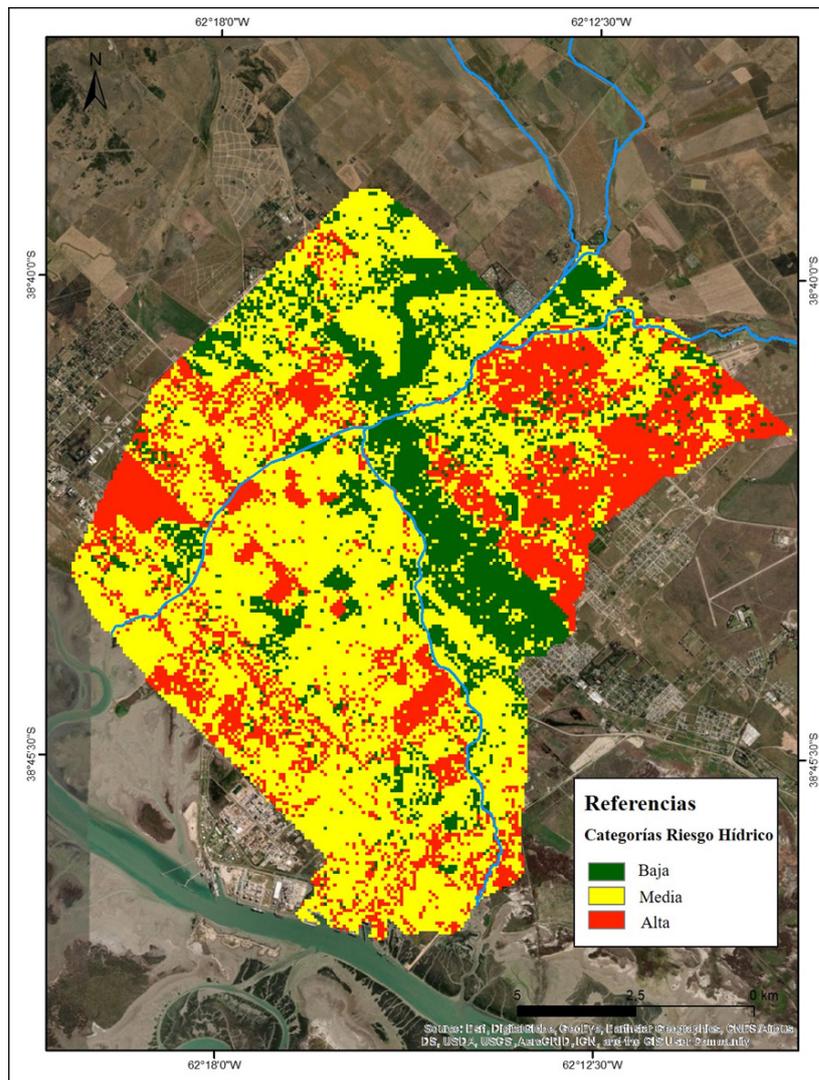


Fuente: Elaboración propia.

3.3. Cartografía del riesgo hídrico: un análisis ambiental a partir de la relación peligrosidad-vulnerabilidad en el sector inferior de la cuenca

De la relación entre la cartografía de vulnerabilidad elaborada previamente (Mastrandrea y Angeles, 2020) y de la peligrosidad (Mastrandrea, 2021; Mastrandrea y Angeles, 2021), se elaboró una nueva cartografía del riesgo hídrico, que incluyó tales dimensiones interrelacionadas a la vez que consideró la información derivada de la aplicación de diferentes técnicas: análisis estadístico de la precipitación, búsqueda bibliográfica y periodística sobre eventos de exceso hídrico, análisis de imágenes satelitales, obtención de índices y evaluación multicriterio a través de la aplicación de geotecnologías (figura 11).

Figura 11. Riesgo hídrico en el tramo inferior de la cuenca del arroyo Napostá Grande



Fuente: Elaboración propia.

Según la distribución de los píxeles que presentan los valores más altos de riesgo hídrico es posible observar la concentración de dichos valores en el sector noreste del área estudiada. La explicación de esta distribución se debe a que, según el Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) aplicado y las variables ambientales ponderadas vinculadas con la probabilidad de conformar áreas susceptibles a sufrir eventos de exceso hídrico, este sector es el que presenta las condiciones más

desfavorables. Entre las variables que componen el IVS adquieren protagonismo especialmente las relativas al hogar y vivienda y entre las que manifiestan su importancia vinculadas con las variables de tipo ambiental se encuentran las relacionadas con la presencia de vegetación, edificación, humedad o agua en el suelo y características de la pendiente y del material de las calles.

Según la distribución de los diez valores más altos en la cartografía elaborada, es posible observar en el sector este de la ciudad una concentración de los píxeles que explican dicha distribución. En el sur, sureste y oeste también se identifican sectores con valores elevados a la vez que se destaca un sector lindante al cauce del arroyo Napostá Grande en su tramo final por el espacio urbano. Teniendo en cuenta los valores más bajos de riesgo hídrico se evidencia que en la franja que está delimitada por el arroyo Napostá Grande hacia el este de la ciudad, se localizan áreas con bajos niveles de riesgo hídrico. Esta misma tendencia se advierte hacia el noroeste en donde los terrenos tienen una mayor densidad de vegetación, presencia de espacios verdes y una menor proporción de superficie construida. Por su parte, hacia el noreste (en el sector próximo al arroyo Napostá Grande) se observa un sector en el que los valores de riesgo hídrico también son bajos.

Finalmente, teniendo en cuenta los valores medios de riesgo hídrico es posible observar que la mayor superficie del tramo inferior de la cuenca se encuentra representada por dicha categoría. Esta situación evidencia que, si bien una gran proporción del área bajo estudio se ubica en un nivel de riesgo hídrico de categoría media, es importante considerar los sectores que presentan un riesgo hídrico alto a través de su localización y análisis de posibles causas y efectos para la elaboración de diagnósticos territoriales que sirvan como insumos en la gestión del riesgo hídrico.

4. Discusión

En el análisis de los resultados obtenidos en este trabajo, se ha podido reconocer la presencia de sectores con niveles diferenciales de riesgo hídrico, en lo que respecta a la ocurrencia de eventos extremos del agua en el tramo inferior de la cuenca del arroyo Napostá Grande. Es importante destacar que la superposición de información espacial, a través de la aplicación de geotecnologías, constituye una metodología valiosa para el análisis de diferentes situaciones ambientales y para la toma de decisiones en cuencas hidrográficas de tamaño intermedio.

Se reconocen diversos trabajos que han abordado condiciones de peligrosidad en cuencas hidrográficas del ámbito regional y local (Quiroz Londoño *et al.*, 2013; Piccone, 2016; Gil, 2016; Volonté *et al.*, 2019) y estudios que se han abocado al análisis de las condiciones de vulnerabilidad (Prieto, 2016; Cardoso, 2017; Brendel *et al.*, 2020; Mastrandrea y Angeles, 2020; Moretto *et al.*, 2022; Reyes Pontet, 2022). Coincidimos con Prieto (2016) y Reyes Pontet (2022) en que las condiciones de vulnerabilidad ambiental en Bahía Blanca se encuentran mayormente en las áreas periféricas del espacio urbano. Entre los mayores problemas se encuentran: la falta de acceso a servicios básicos como agua potable, conexión a la red cloacal, acceso a energías limpias, así como también, problemas de anegamientos de calles y cercanías con basurales a cielo abierto, entre otros. Sin embargo, no se observan investigaciones del ámbito regional y local que avancen en la articulación entre la peligrosidad y la vulnerabilidad a partir de la interrelación espacial entre variables del medio físico-natural y socio-cultural y de la aplicación de diferentes técnicas cuali-cuantitativas ante a un evento hidrometeorológico extremo.

En el mapa final de riesgo hídrico, los sectores que presentan los niveles más altos se ubican hacia el este, sureste y oeste del espacio urbano. Esta distribución espacial responde a los criterios que

fueron considerados en el desarrollo de la investigación en lo que respecta a: características de la vegetación, superficie impermeabilizada y pendiente en relación con un evento de exceso hídrico. No obstante, en este tipo de resultados, también es preciso considerar las limitaciones de las técnicas empleadas, en cuanto a las ponderaciones efectuadas las cuales consideraron la probabilidad de favorecer u obstaculizar la generación de escenarios de exceso hídrico (según trabajo de campo, consulta de especialistas y de bibliografía específica) y en cuanto a las confusiones derivadas de la respuesta espectral de la imagen seleccionada, particularmente, por ser un espacio totalmente modificado por el proceso de urbanización.

Teniendo en cuenta la identificación de escenarios de riesgo hídrico en el tramo inferior de la cuenca del arroyo Napostá Grande es fundamental diseñar estrategias de intervención tendientes a la planificación territorial y a la gestión del riesgo. En este sentido, el presente trabajo constituye un primer aporte para el diseño de un plan integral de gestión del riesgo hídrico, ante la ocurrencia de inundaciones desbordes y anegamientos en el área de estudio, a través de la definición de programas, articulados en proyectos y actividades para aplicar en el corto, mediano y largo plazo (Mastrandrea y Pérez, 2021).

5. Conclusiones

En el presente estudio se analizaron las variables pertenecientes al subsistema natural y socio-cultural que interactúan en el tramo inferior de la cuenca del arroyo Napostá Grande para identificar y espacializar sectores con niveles diferenciales de riesgo hídrico. El reconocimiento de diferentes niveles de riesgo hídrico según categorías de intensidad (baja, media y alta), a través del uso de diferentes geotecnologías, aportó una información valiosa para el diseño de propuestas de planificación y ordenamiento territorial.

Entre las áreas que presentaron un nivel de riesgo hídrico alto se pueden mencionar los sectores del noreste, noroeste, sur y sureste del área de estudio; en la categoría que incluye un nivel de riesgo hídrico medio se encuentra una gran superficie del espacio urbano especialmente en el centro y macrocentro; mientras que las áreas que presentaron un nivel de riesgo hídrico bajo se localizaron mayormente en el sector norte y este del área de estudio. Considerando que el sector estudiado se localiza en una región que presenta una alternancia de eventos de exceso y déficit hídrico -la cual incide notablemente en el desarrollo de las prácticas de sus habitantes- es fundamental determinar las áreas susceptibles a ser afectadas por un evento potencialmente peligroso para diseñar las estrategias de intervención correspondientes.

Cabe mencionar que es importante establecer una cuantificación de la relación peligrosidad-vulnerabilidad para reconocer no sólo las áreas potencialmente expuestas a una amenaza sino también para estimar el incremento del riesgo hídrico a través del tiempo según la dinámica de las variables y categorías de análisis consideradas. Por este motivo, el uso de SIGs es primordial como herramienta de planificación y gestión territorial debido a que su versatilidad colabora en la actualización permanente de la información dada la variabilidad espacio-temporal de los factores desencadenantes de riesgo.

Teniendo en cuenta la identificación de escenarios de riesgo hídrico es fundamental, en primer lugar, adoptar medidas tendientes al conocimiento y actualización de la información relativa a la dinámica ambiental del área de estudio. En segundo lugar, es prioritario pensar en un conjunto de estrategias para aplicar de un modo simultáneo y continuo que consideren el momento pre-

vio a la ocurrencia de un evento potencialmente peligroso, el momento en el que se produce y el período de tiempo posterior al mismo. En esta instancia es recomendable interactuar con actores sociales provenientes de diferentes ámbitos (vecinal, sector periodístico, científico y político) con el propósito de definir prioridades y establecer acuerdos. Finalmente, en tercer lugar, se debiera establecer una política de gestión del riesgo hídrico participativa y continua a diversas escalas (nacional, provincial, a escala de cuenca, local y micro-local) para reducir los niveles de incertidumbre en relación con la probabilidad de ocurrencia de eventos potencialmente peligrosos, como fenómenos de exceso y déficit hídrico.

Consideramos pertinente incluir la aplicación de diversas técnicas, tanto cualitativas como cuantitativas, en el análisis del riesgo hídrico en cuencas de tamaño intermedio a fin de repensar en las políticas de gestión de riesgos de desastres por inundaciones. En este sentido, se plantean algunos desafíos e interrogantes a tener en cuenta, como por ejemplo: ¿es posible implementar un proceso continuo y participativo de gestión del riesgo hídrico que considere de forma conjunta e interrelacionada las instancias de generación de condiciones potencialmente peligrosas: antes (conocimiento, prevención), durante (emergencia) y después (rehabilitación, recuperación y seguimiento)?; ¿qué estrategias, escalas y actores son necesarios incluir en los procesos de planificación territorial y de gestión del riesgo hídrico?; ¿cuáles son las dificultades presupuestarias, legales, profesionales y tecnológicas a superar? ¿cómo articular los diversos saberes, intereses y tramas de sentido de los actores sociales involucrados en el área de estudio respecto de los frentes de agua urbanos y de sus servicios ambientales? Estos y otros interrogantes abren camino al desarrollo futuro de nuevas líneas de investigación que comienzan a transitarse con el propósito de diseñar propuestas de intervención tendientes a la gestión territorial y del riesgo.

Bibliografía

- Bosque Sendra, J. (2001). Planificación y gestión del territorio. De los SIG a los sistemas de ayuda a la decisión espacial (SADE). *El campo de las ciencias y las artes*, 138, 137-174.
- Brendel, A., Ferreli, F., Piccolo, M. C., y Perillo, G. M. (2020). Vulnerabilidad eco-ambiental y estrategias de manejo sustentable del territorio: el caso de la cuenca del río Sauce Grande (Argentina). *Anales de geografía de la Universidad Complutense* 40, 2, 299-322. <http://dx.doi.org/10.5209/AGUC.72976>
- Buzai, G.D. (2014). *Mapas sociales urbanos*. Buenos Aires, Argentina: Lugar Editorial.
- Buzai, G. D., Humacata, L., y Principi, N. (2019). *Análisis espacial con sistemas de información geográfica*. Bernal, Argentina: Universidad Nacional de Quilmes.
- Cardoso, M. M. (2017). Estudio de la vulnerabilidad socio-ambiental a través de un índice sintético. Caso de distritos bajo riesgo de inundación: Santa Fe, Recreo y Monte Vera. *Cuadernos de Geografía*, 27, 48, 156-183. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333249827009>
- Carrica, J. (1998). *Hidrología de la cuenca del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires (Hidrogeology of arroyo Napostá Grande basin)* (Tesis Doctoral). Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geología, Bahía Blanca.
- Casado, A. y Campo, A. M. (2019). Extremos hidroclimáticos y recursos hídricos: estado de conocimiento en el suroeste bonaerense, Argentina. *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, 58,1, 6-26. doi: <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i1.6751>
- Congedo, L. (2016). Semi-automatic classification plugin documentation. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>
- Camino Dorta, J., Gimeno Ortiz, M. y Ramón Ojeda, A. (2014). Las unidades ambientales homogéneas como herramientas para la ordenación territorial y la caracterización de litorales áridos. *Vegueta. Anuario de la Facultad de Geografía e Historia* 14, 199-228. Recuperado de: https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/am/10553/12821/1/0234500_00014_0009.pdf

- Campo de Ferreras, A. M., Cappeli, A. y Diez, P. (2004). *El clima del suroeste bonaerense*. Bahía Blanca, Argentina: EdiUns.
- D'Ambrosio, G. T., Bohn, V. Y. y Piccolo, M. C. (2013). Evaluación de la sequía 2008-2009 en el oeste de la Región Pampeana (Argentina). *Cuadernos Geográficos*, 52, 1, 92-45. Recuperado de: <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/924/1098>
- Gallegos Reina, A. J. (2018). *Caracterización y análisis de los riesgos naturales en el planteamiento urbanístico del litoral mediterráneo español*. Málaga, España: umaeditorial.
- Gil, V., Gentili, J., Campo, A. M., Jelinski, G. y Crisafulli, M. (2016). "Evaluación del peligro potencial de crecidas en cuencas serranas. Sistema de Ventania, provincia de Buenos Aires". En *actas del III Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos*, Conferencia llevada a cabo en Ezeiza, Argentina.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC, 2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda*. Ministerio de Economía, Argentina.
- IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Cambridge University press, Cambridge, Inglaterra.
- Iturralde-Vinent, M. A. I. V. (2019). Peligro de inundaciones por intensas lluvias en Cuba: Comportamientos. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 8, 2, 16-28. Recuperado de: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/461>
- *La Nueva*, (2015, enero, 2). A solo 3,1 mm del récord de lluvias. Sección La Ciudad. Recuperado de: <https://www.lanueva.com/nota/2015-1-2-0-53-0-a-solo-3-1-milimetros-del-record-de-lluvias>
- *La Nueva*, (2015, marzo, 14). Desbordó el arroyo Napostá y Defensa Civil tuvo que evacuar a una mujer y su hija. Sección La Ciudad. Recuperado de: <https://www.lanueva.com/nota/2015-3-14-9-0-0-desbordo-el-arroyo-naposta-y-defensa-civil-tuvo-que-evacuar-a-una-mujer-y-su-hija>
- Lavell, A. (2002). Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. En M. A. Fernández (Comp.). *Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres* (13 - 42). Panamá: La Red.
- Mastrandrea, A. y Angeles, G. (2020). Aplicación de un índice de vulnerabilidad social. El caso de la ciudad de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires (Argentina). *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, 10, 16, 26-51. Recuperado de: <http://www.revistageosig.wixsite.com/geosig>
- Mastrandrea, A. (2021). *Percepción y representaciones sociales del riesgo hídrico en el sudoeste bonaerense. El caso de la cuenca del arroyo Napostá Grande* [tesis de Doctorado, Universidad Nacional del Sur]. Repositorio Institucional UNS. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5544>
- Mastrandrea, A. y Pérez, M. I. (2021) Propuesta metodológica para la gestión integral del riesgo hídrico: el caso de la cuenca del arroyo Napostá Grande (Argentina). *Papeles de Geografía*, 2021, no 67. doi: <https://doi.org/10.6018/geografia.470311>
- Mastrandrea, A. y Angeles, G. R. (2021). Evaluación Multicriterio aplicada a la determinación de escenarios de peligrosidad en la cuenca del arroyo Napostá Grande (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Cuadernos Geográficos*, 60(1), 181-202. doi: <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i1.15337>
- Mastrandrea, A. y Ríos, D. M. (2022). Conflictos ambientales e imaginarios geográficos en territorios fluviales urbanos: controversias en torno a la gestión de riesgo de desastres por inundaciones en la ciudad de Bahía Blanca. *Cardinalis*, (19), 6-33. Recuperado de: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/cardi/article/view/40019>
- Maskrey, A. (1993). *Los desastres no son naturales*. Colombia: La Red.
- Martín Barajas, S. y González Briz, E. (2020). La renaturalización de los tramos urbanos de los ríos [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://blogs.publico.es/ecologismo-de-emergencia/2020/01/13/la-renaturalizacion-de-los-tramos-urbanos-de-los-rios/>
- Moretto, B., Gentili, J. O. y Campo, A. M. (2022). Evaluación de la vulnerabilidad en el partido de coronel suárez (Argentina) como aporte a la gestión del riesgo de inundación. *Papeles de Geografía*, (68). doi: <https://doi.org/10.6018/geografia.514461>
- Olcina Cantos, J., Baños Castiñeira, C. J., y Rico Amorós, A. M. (2016). Medidas de adaptación al riesgo de sequía en el sector hotelero de Benidorm (Alicante, España). *Revista de Geografía Norte Grande*, 65, 129-153. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022016000300007>
- Perles-Rosello, M. J., Merida-Rodriguez, M. F., Olcina Cantos, J., Sortino Barrionuevo, F., Pardo García, S., Reyes Corredera, S. y Galacho-Jimenez, F. B. (2017). Road-risk: metodología para la identificación de puntos conflic-

tivos por riesgos múltiples en infraestructuras viarias tras episodios torrenciales. Recuperado de: <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/14746>

- Piccone, N. (2016). Detección de áreas urbanas con peligro de inundación. En S. Linares (Comp.). *Soluciones espaciales a problemas sociales urbanos: aplicaciones de tecnologías de la información geográfica a la planificación y gestión municipal* (161-169). Tandil, Argentina: Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires.
- Prieto, M. B. (2016). Vulnerabilidad sociodemográfica en el aglomerado urbano de Bahía Blanca-Argentina. *Anais*, 1-20. Recuperado de: <http://www.abep.org.br/~abeporgb/publicacoes/index.php/anais/article/viewFile/1817/1776>
- Reyes Pontet, M. D. y London, S. (2020). Análisis de la situación de los barrios vulnerables de Bahía blanca: Las desventajas medioambientales como contribución a las trampas de pobreza (pp. 559-574). En C. Guzowski, M. I. Martín y M. F. Zabaloy (coord.) (2020). *Energía, innovación y ambiente para una transición energética sustentable: retos y perspectivas*. Bahía Blanca, Argentina: EdiUns.
- Ríos, D. y Natenzon C. (2015). Una revisión sobre catástrofes, riesgo y Ciencias Sociales. En: C. Natenzon y D. Ríos (Eds.). *Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la Geografía y otras Ciencias Sociales para casos argentinos* (1-27). Buenos Aires, Argentina: Imago Mundi.
- Ríos, D. (2023). El Bajo de San Isidro, las elites y las aguas del Plata: un paisaje de naturaleza excluyente en los suburbios bonaerenses entre las décadas de 1850 y 1940. En P. Zusman, V. Hollman y C. Pérez Winter (coord.). *Imaginar la Nación en Tiempos de Globalización*. Buenos Aires, Argentina: Ed. Facultad de Filosofía y Letras, UBA.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. y Harlan, J.C. (1974). *Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation*. Estados Unidos, NASA/GSFC.
- Schroeder, T.A., Cohen, W.B., Song, C., Canty, M.J. y Yang, Z. (2006). Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon. *Remote Sensing of Environment*, 103, 1, 16-26. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425706001179>
- Timbe, L., y Timbe, E. (2012). Mapeo del peligro de inundación en ríos de montaña, caso de estudio del río Burgay. *Maskana*, 3, 1, 87-96. Recuperado de: <https://doi.org/10.18537/mskn.03.01.07>
- Vásquez Lozada, K. P. (2019). Aplicación de sistemas de información geográfica y Hec-Ras para calcular el peligro por inundaciones en la cuenca baja del río Huarmey. Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21955>
- Volonté, A., y Gil, V. (2019). Aportes de la hidrogeomorfología histórica en la determinación de áreas inundables a partir de eventos extremos de crecidas. *Huellas*, 23, 1, 11-26. Recuperado de: <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/huellas/article/view/3532>
- Quiroz Londoño, O. M, Grondona, S.I., Massone, H.E., Farenga, M., Martínez, G. y Martínez, D.E. (2013). Modelo de anegamiento y estrategia de predicción- prevención del riesgo de inundación en áreas de llanura: el Sudeste de la provincia de Buenos Aires como caso de estudio. *Geofocus*, (13-1),76-98. Recuperado de: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/25139/CONICET_Digital_Nro.549a2a90-f89e-4e08-bedc-37612d5c1420_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Agradecimientos

Los autores agradecen especialmente los comentarios y sugerencias de los evaluadores que otorgaron mayor solidez al estudio.

Contribución de autorías

La redacción, organización del artículo, planteo teórico-metodológico y tratamiento de la información climática y cartográfica ha correspondido a Aldana Mastrandrea.

Por su parte, Guillermo Angeles se encargó de la supervisión y revisión final del estudio, así como de parte del procesamiento y tratamiento de la información final en el SIG.

Financiación

La presente investigación se realizó en el marco de subsidios otorgados por la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la provincia de Buenos Aires y la Universidad Nacional del Sur (UNS) para la realización de la tesis doctoral:

“Percepción y representaciones sociales del riesgo hídrico en el sudoeste bonaerense. El caso de la cuenca del arroyo Napostá Grande” (Mastrandrea, 2021).

Además se contaron con los fondos provenientes del Proyecto (PGI 24/G087): “Los espacios locales y regionales como una construcción socio-cultural. Análisis multiescalar”, subsidiado por la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur. Dirigido por la Dra. María Inés Pérez y co-dirigido por el Dr. Guillermo R. Angeles del Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur.

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Estado de conservación de los bosques de algarrobos en La Ciénaga y Huaco (Provincia de San Juan, Argentina): un aporte para el ordenamiento territorial de bosques nativos

Conservation status of algarrobo forests in La Ciénaga and Huaco (San Juan Province, Argentina): a contribution to the territorial planification of native forests

ANIA GIL¹  0009-0001-9450-2831

JUAN AGUSTÍN ALVAREZ²  0000-0001-5958-052X

FACUNDO ROJAS³  0000-0003-3704-0199

ERICA CESCA²  0009-0009-6652-330X

LEANDRO ALVAREZ²  0000-0002-0840-5681

GUALBERTO ZALAZAR²  0009-0008-5310-4387

JUAN PABLO FILI⁴  0000-0001-7672-3772

MARÍA LAURA AGÜERO⁵  0009-0009-1510-4092

PABLO EUGENIO VILLAGRA²  0000-0002-1062-2001

¹ UNCUYO/Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina.

² IANIGLA/CONICET, Argentina.

³ IANIGLA/CONICET/FFYL UNCUYO, Argentina.

⁴ INCIHUSA/CONICET/INTA, Argentina.

⁵ UNSJ/Facultad de Ciencias Exactas, Argentina.

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo principal describir la estructura y estado de conservación de los algarrobales de *Prosopis flexuosa* y *Prosopis chilensis* en torno a la localidad de Huaco y en la depresión adyacente, del Río Bermejo (en el departamento de Jáchal, San Juan). Actualmente, este género ha cambiado su nombre por el de Neltuma. Para ello se generó información de base para la conservación y el manejo sustentable de estos bosques nativos, muy poco estudiados, a partir de un inventario que tuvo en cuenta parámetros dasonómicos, como el estado de conservación y el tamaño y forma de los árboles. Dicha información se relaciona con una

Fechas • Dates

Recibido: 2023.05.15
Aceptado: 2023.01.09
Publicado: 2024.05.20

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Juan Pablo Fili
juanpablo_fili@yahoo.com

tipología de bosques, realizada a partir de clasificaciones de imágenes satelitales. Los resultados se expresan en una propuesta de cuatro tipos de bosques nativos para esta localidad y alrededores. Esta clasificación incluye, además de características de la superficie cubierta por bosque nativo, la identificación de los diferentes usos y disturbios por los que ha estado impactado en las últimas décadas. Por último, se discuten, de forma preliminar, diferentes propuestas de manejo y ordenamiento territorial para estos bosques del norte sanjuanino.

Palabras clave: ecología de bosques; ordenamiento territorial; tierras secas; teledetección; Provincia Biogeográfica del Monte

Abstract

The main objective of this work is to describe the structure and conservation status of the forest of *Prosopis flexuosa* and *Prosopis chilensis* around Huaco and in the adjacent basin of the Bermejo River (department of Jáchal, San Juan). Currently, this genus has changed its name to *Neltuma*. To this end, baseline information for the conservation and sustainable management of these little-studied native forests was generated from an inventory that took into account dasonomic parameters such as conservation status and tree form. This information is linked to a forest typology based on satellite image classifications. The results are expressed in a proposed classification of four native forest types for this locality and its surroundings. This classification includes, in addition to the characteristics of the area covered by native forest, the identification of the different uses and disturbances that have impacted it in recent decades. Finally, different management and land-use planning proposals for these forests in northern San Juan are preliminarily discussed.

Keywords: forest ecology; land-use planning; drylands; remote sensing; Monte Biogeographic Province

1. Introducción

El desafío al que se enfrenta el sector forestal desde hace unos años, consiste en satisfacer las necesidades de productos madereros y no madereros atendiendo al mismo tiempo la demanda de servicios ambientales y sociales que se esperan de los bosques (FAO, 2007, 2020, Lignum, 2023). En los últimos años se ha dado especial atención a los cambios del uso del suelo y a la degradación en tierras áridas y semiáridas (Newton y Tejedor, 2011). Estas zonas son susceptibles a la degradación y a la desertificación debido a su limitada productividad primaria y a su lenta recuperación luego de un disturbio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Las comunidades rurales en estas áreas dependen en gran medida de los recursos forestales, especialmente de la leña y el forraje. Sin embargo, en muchas zonas, los bosques áridos han sido sujetos a prácticas no sustentables, como la expansión de la ganadería, la sobreexplotación forestal, la conversión de tierras a la agricultura bajo riego y el rápido crecimiento de asentamientos urbanos (Villagra et al., 2009, Villagra y Alvarez 2019).

La Provincia Biogeográfica del Monte, es una región árida, ubicada al oeste de la Argentina que presenta un clima subtropical en transición a templado cálido. Se extiende desde la Provincia de Salta hasta Chubut, ocupando 460 000 km² (Morello, 1958; Cabrera, 1976). La comunidad vegetal característica es un arbustal de especies de la familia *Zygophyllaceae*, y los bosques de *Prosopis* se localizan en aquellos enclaves con disponibilidad de agua subterránea (Morello, 1958). Estos bosques son azonales, y se caracterizan por tener un estrato arbóreo abierto dominado por especies del género *Prosopis*, especialmente *P. flexuosa* y *P. chilensis* (Roig, 1993; Villagra et al., 2004).

Desde el punto de vista económico, los territorios del Monte se han dividido en oasis irrigados y tierras no irrigadas (Abraham et al., 2009). Ambos han sufrido una fuerte presión de uso en los ecosistemas boscosos desde finales del siglo XIX (Rojas et al. 2009; Rojas 2013). La explotación insostenible de los algarrobales del Monte ha sido evidente en el último siglo (Villagra et al., 2009), y los bosques de la región han sido utilizados de forma extractiva sin considerar la regeneración de los recursos (Alvarez et al., 2006). La acción combinada de agentes naturales y antrópicos ha llevado a una desertificación moderada a severa en amplias áreas de esta región biogeográfica (Peri et al. 2021). Los cambios en la dinámica del ecosistema provocados por factores sociales, económicos, culturales y climáticos han tenido consecuencias socioeconómicas y han determinado el uso del suelo en el futuro. El estado actual del suelo y la conservación del Monte es el resultado de diferentes historias de disturbios en cada sitio (Villagra et al., 2009, 2021).

En concordancia con los esfuerzos mundiales en materia de conservación y manejo de bosques, a escala regional se están llevando a cabo numerosos estudios sobre los algarrobales del Monte con resultados significativos para su conservación y ordenamiento sustentable. Desde 1980 hasta la fecha, se ha trabajado en diferentes áreas del conocimiento como ecología, genética, fisiología y productividad (Cavagnaro y Passera, 1993; Cony y Trione, 1996; Villagra, 1997, Villagra et al., 2005; Alvarez et al., 2011b), interacciones planta animal, distribución, disturbios, (Vázquez et al., 2008, 2011; Villagra et al., 2009, Cesca et al., 2014), aportes de métodos participativos combinados con análisis de imágenes para el ordenamiento del bosque nativo (Agüero et al. 2018, 2019). Bajo este marco, y con el objetivo de proponer estrategias de manejo y recuperación de estos bosques, Villagra et al. (2005, 2021), han estudiado la estructura y productividad de los bosques de *Prosopis flexuosa* a lo largo de un amplio gradiente latitudinal abarcando una gran parte del rango geográfico del Monte. Los resultados obtenidos por estos estudios han demostrado que, como consecuencia de las diferentes condiciones climáticas a lo largo del gradiente latitudinal, los bosques de Pipanaco (27°58'S, en Catamarca), Telteca (32°20'S, al Norte de Mendoza) y Ñacuñán (34°03'S, al Sur de Mendoza) muestran diferencias en la estructura poblacional y la productividad. Por otro lado, Cesca et al. (2014) indican que la alta recurrencia de fuego modifica la densidad y hábito de crecimiento de los bosques, generando un ambiente dominado por individuos con numerosos tallos de menor tamaño, con pérdida de individuos adultos y reducción en la altura.

Particularmente en San Juan, se vienen realizando esfuerzos por localizar áreas prioritarias de conservación desde el año 2010, a partir de la Ley de Presupuestos Mínimos de Bosques Nativos. Para ello la provincia ha llevado a cabo el primer OTBN (Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos) según Ley Provincial número 8174, en conformidad con lo prescripto en la Ley Nacional número 26 331. Y como uno de sus primeros resultados se obtuvo un mapa e inventario de las superficies forestales de la Provincia. Según la primera actualización del OTBN realizada durante 2016, San Juan tiene 1 494 533 hectáreas de bosques nativos, tanto dentro de las Provincias Biogeográficas del Monte, como también en la Provincia Biogeográfica Chaqueña¹. Desde la sanción de la mencionada ley provincial 8174 (actualmente ley 1 094 - L), se han realizado algunos estudios que han permitido avanzar en el conocimiento de estos bosques, existiendo áreas de bosque que tienen mayor carencia de información. Entre los principales estudios se pueden citar los aportes realizados por Ola Karlin (2010) en cuanto a manejo sustentable y participativo del bosque; estudios sobre uso actual del bosque nativo (Agüero, 2011, 2018; Arroyo, 2013; Flores, 2016), cuantificación del recurso dendroenergético (Heredia, 2016), y algunos que han

1. Según el primer OTBN, del 2010, se registraron 1 745 401 has. de bosque nativo en la Provincia de San Juan.

abordado aspectos ecológicos (Sánchez-Adarvez, 2016; Escobar, 2018), localizándose la mayoría de estos análisis en el Valle de Bermejo y sus adyacencias. Actualmente, el área anteriormente citada cuenta con los primeros estudios sobre estructura y estado de conservación para diferentes unidades forestales (Agüero, en prensa). Sin embargo, es aún escasa la información básica de los ecosistemas boscosos en cuanto a la estructura poblacional o forestal, productividad y estado de conservación, entre otros aspectos.

Las principales causas de degradación del bosque nativo citadas por Adamo (2003) incluyen sobrepastoreo, uso como leña y carbón, reemplazo de bosques por cultivos y especies vegetales exóticas. Hasta la fecha no se han realizado estudios específicos previos sobre la estructura forestal y estado de conservación en Huaco, pero se ha publicado información valiosa sobre el área protegida La Ciénaga (Márquez et al. 2011).

Con base a estos antecedentes, se plantea la evaluación de la estructura y el estado de los bosques de La Ciénaga - Huaco (30°5' S, al norte de San Juan). El objetivo de esta evaluación es localizar áreas prioritarias de conservación y proponer pautas de manejo. Este enfoque se basa en la continuidad y ampliación del trabajo realizado por Gil (2013). En consecuencia, esta investigación se presenta como un aporte al estudio de los bosques de ésta región, que ha sido relativamente poco estudiada. Los objetivos de este trabajo son: a) Detectar y diferenciar unidades boscosas de la zona y describir su estructura, aportando información base para la conservación y manejo sustentable de estos bosques; b) Generar un mapa de distribución y de tipos de bosque nativo del área de estudio; c) Conocer el estado de conservación del bosque nativo en los sitios de estudio e identificar áreas prioritarias de conservación y recuperación de los algarrobales para recomendar pautas de manejo.

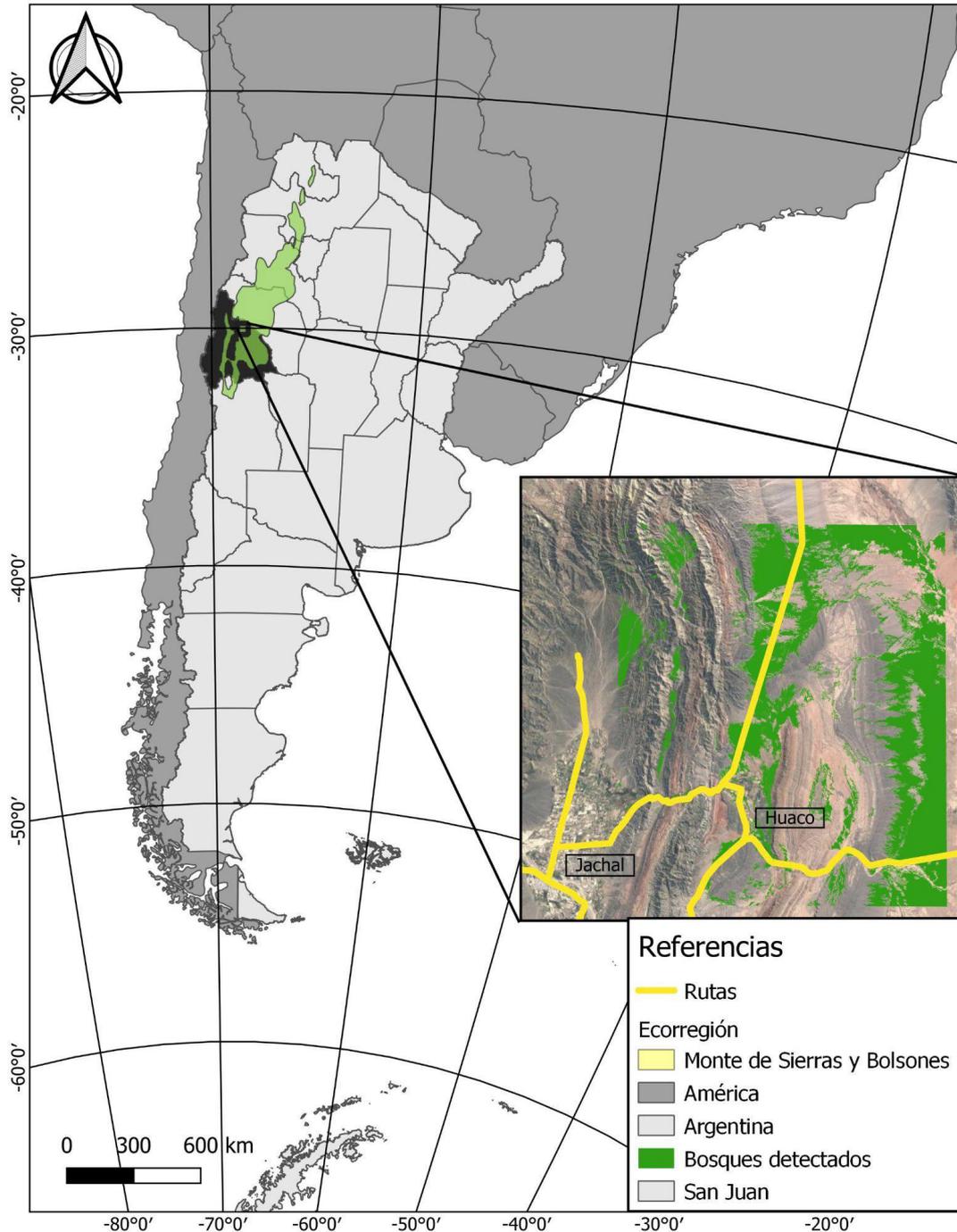
2. Metodología

2.1. Área de estudio y contexto socioambiental

El área de estudio (Figura 1) está ubicada en la Provincia Biogeográfica del Monte (Cabrera 1976; Abraham et al. 2009), en el noroeste de la Provincia de San Juan. Es atravesada por los ríos Bermejo en su sector oeste y Huaco hacia el sur. Administrativamente, la región se encuentra en el departamento (municipio) de Jáchal, al norte de la capital de San Juan. Las actividades económicas del Departamento de Jáchal han sido descritas por Adamo (2003). De su trabajo se puede resumir que, durante la segunda mitad a finales del siglo XVIII, el departamento tuvo un periodo minero. Posteriormente, hubo una reubicación de las rutas de comercio, y Jáchal atravesó un momento de decadencia. Luego, durante el siglo XIX, hubo una gran expansión de campos de alfalfa, la cual se convirtió en un elemento importante para el engorde de la ganadería en zonas irrigadas de frontera con Chile. Durante ese periodo, también surgió la industria local de harina y su comercio, con la expansión de los campos de trigo y la instalación de molinos harineros (algunos de los cuales aún se conservan en la zona). Estas actividades económicas aprovecharon recursos forestales de diversas maneras. Aunque no se ha reconstruido con mayor precisión las superficies y usos de bosques para estos momentos, se pueden inferir cambios importantes (aunque con escalas todavía muy inferiores al siglo XX). A finales del siglo XIX, el comercio de ganado y alfalfa comenzó a declinar, así como los cultivos de trigo y la industria harinera. Durante la década de 1940, la actividad económica en el departamento cambió vertiginosamente hacia una agricultura intensiva y de riego, principalmente centrada en la producción de vegetales como cebollas, toma-

tes y ajo (en menor medida membrillo, olivos y vid). Además de la agricultura, la economía de la región se fue transformando en muy dependiente del empleo en la administración pública y el comercio, particularmente minorista.

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

En las últimas décadas, la estructura social de Jáchal está vinculada a la estructura agraria (Adamo, 2003), con pequeños y muy pequeños productores familiares y alta concentración de tierras (Allub y Guzmán, 2000). En 1988, el 50 % de los agricultores eran dueños de menos del 10 % de la

tierra. La actividad minera en la zona de Huaco, se concentra en torno al yacimiento Gualcamayo (Environmental Justice Atlas, 2018), actualmente en su etapa final de explotación por el previsto agotamiento del yacimiento².

Es importante destacar que dentro de la zona de estudio se encuentra el Área Natural Protegida La Ciénaga, creada en 2005 (Ley provincial n° 7640). Según la norma, abarcaría 9600 ha, pero mediciones posteriores indican que habría aumentado a 14 700 ha en 2015 debido a la imprecisión de los límites establecidos. En febrero de 2015, vecinos y asambleas denunciaron actividades de exploración de uranio y falta de plan de manejo. El Gobierno frenó el avance de las actividades mineras en el área protegida.³

En el borde oeste del área protegida se ubica el embalse “Los Cauquenes” generado por una represa sobre el río Las Carretas-Huaco. Fue construido en 1965 y generó problemas en la calidad del agua río abajo. Esto provocó la migración de agricultores entre el embalse y la localidad de Huaco (Díaz, 2017; Rojas, 2021). La historia del uso de los recursos de la región es importante para un plan de manejo sustentable.

En ese sentido es necesario agregar que el dique ya no funciona como regulador hídrico y recién durante el 2019 se iba a reabrir para su uso turístico, después de aproximadamente 20 años y promesas de obras de mitigación. Es un caso paradigmático de obras hidráulicas que generaron problemas socioambientales, que los lugareños conocen bien y persiste en la tradición oral, pero no figura tan presente en la literatura científica. La mención en este trabajo en particular, es debido a que los cambios del caudal y la química del río Huaco, podrían haber influido en el bosque nativo irrigado por él, de manera que aún no podemos determinar.

Además, respecto a este último punto Adamo (2003) señala un patrón de comportamiento poblacional migratorio que se acentuó a partir de la década de 1960 con la construcción del dique (Tabla 2). Aunque la autora no consideró concluyente- al menos desde las entrevistas que realizó- el vínculo entre el éxodo rural y los cambios en los bosques aledaños. Cabe destacar que estos eventos, que vinculan proyectos de desarrollo con impactos a la población, no son los únicos que han ocurrido en la zona. Por ejemplo, la experiencia de los diferimientos en la provincia de San Juan durante la década de los 90 afectó enormemente a los sectores minifundistas y pequeños productores provocando la concentración de la tierra en diferentes lugares de San Juan (Walter, 2011). Este proceso es incontrovertible en Huaco donde Adamo (2003) señala que se instalaron dos proyectos que “absorbieron” el 50% de las pequeñas explotaciones agrícolas de la zona en manos de pequeños productores. En otros trabajos también se han mencionado las afectaciones a las tierras forestales que se llevaron adelante en toda la provincia debido a la instalación de estas empresas (Ros-Segura, 2019; Fili, 2022). En comunicaciones con informantes claves se ha señalado que es justamente durante los años 90 y en pleno proceso de instalación de estas grandes empresas agrícolas cuando sobreviene el abandono de zonas de pastoreo tradicionales de Huaco. Estos abandonos se producen en un contexto de escasez de agua y dificultades para sostener la actividad en tierras forestales alicaídas para alimentar a cualquier tipo de ganado.

2. “El agotamiento natural del yacimiento tuvo sus primeras repercusiones hacia fines de 2022 con una reducción del 30% del personal” <https://www.mdzol.com/dinero/2023/9/9/sorpresa-expectativa-venden-la-mina-sanjuanina-gualcamayo-367165.html>

3. Este conflicto dio lugar a la formación de la Asamblea “Jáchal no se Toca”, posteriormente conocida públicamente por su accionar ante el derrame de solución cianurada del proyecto minero Veladero, en septiembre de 2015 (Rojas y Wagner, 2021).

Tabla 1. Población de la provincia de San Juan, Jáchal y Huaco.

	1914	1947	1960	1970	1980	1990	2001	2010	2022
Total provincial	119.252	261.229	352.387	384.284	465.976	528.715	620.023	681.055	818.324
Total Jáchal	13.097	17.129	19.254	18.500	18.863	19.955	20.898	21.730	25.462
Total Huaco	Sin datos	Sin datos	1.217	1.070	351 (?)	1.086	975	1.454	Datos aún no disponibles

Fuente: Elaboración propia en base a datos de INDEC, Censos Nacionales de Población y Vivienda.

En una relación de mutua implicancia los agentes antrópicos y naturales han construido históricamente un paisaje de éxodo rural en la región. Las migraciones poblacionales en estas localidades pueden producir afectaciones y degradación a las áreas forestales cercanas (porque facilitan el ingreso de personas que desmontan) o en algunos casos implican incluso regeneración del bosque. Es decir, los constantes vaivenes entre la retracción y el estancamiento poblacional retratan también las consecuencias de esta forma de vínculo con el bosque nativo, pero no han sido estudiadas todas las localidades adyacentes desde estos puntos de vista. Sin duda, los aportes de la historia ambiental pueden contribuir a pensar con mayor precisión el ordenamiento territorial teniendo en cuenta los usos y costumbres históricas de la comunidad que circunda el bosque.

2.2. Clasificación de tipos de bosques

El procesamiento de imágenes satelitales se ha realizado con la plataforma abierta Google Earth Engine (GEE), la cual presenta una gran capacidad operativa. Su uso ha permitido el acceso a una amplia base de datos espaciales (Gorelick et al., 2017) posibilitando la detección de los bosques de *Prosopis* presentes en la región del monte (Guida-Johnson et al., 2021). Con esta herramienta se han redactado códigos (scripts) para realizar las clasificaciones supervisadas. Los códigos utilizados tienen instrucciones de combinar imágenes satelitales Landsat -4, Landsat-5 y Landsat-8, para los respectivos periodos seleccionados de 2005, 2012 y 2022, en función de su calidad, la ausencia de nubes y errores. Los mosaicos han sido confeccionados entre octubre y marzo, cuando el bosque presenta mayor follaje, lo cual facilita su detección. Posteriormente a cada mosaico se le ha añadido una capa que contenía el cálculo del Índice de Vegetación Total Ajustado al Suelo (SATVI), ya que este índice había mostrado una buena correlación con la cubierta vegetal en la región del Monte (Goirán et al., 2012).

Luego se carga una capa del área de estudio y una capa de entrenamiento, la cual tiene 2 982 muestras para indicar cada tipo de bosque (2, 3, 4 y 5) y no bosque (1). Finalmente, se realiza una clasificación supervisada para cada periodo sobre las bandas del mosaico de imágenes. El algoritmo seleccionado es el Random Forest, el cual ha sido utilizado con buenos resultados en el Espinal (González-Roglich y Swenson, 2016). El producto para cada periodo es una capa raster, la cual es filtrada y convertida en vectorial para calcular las superficies. Además, separa muestras de entrenamiento para efectuar una validación con matrices de error. El procesamiento de las capas previas y las capas obtenidas y la cartografía elaborada para presentar los resultados fue realizado con el software abierto QGIS 3.24.2.

El pos procesamiento ha incluido la verificación de la precisión de la clasificación comparada con otros puntos de campo, no utilizados hasta el momento, calculando el coeficiente de Kappa. El

coeficiente es una medida del valor total del acuerdo de una matriz (Congalton y Green, 2009) y el número de píxeles correctamente clasificados (Mosammam et al., 2016).

2.3. Inventario dasonómico

Las especies estudiadas han sido: *Prosopis flexuosa* DC y *Prosopis chilensis*. Recientemente, Hudges et al. (2022) han propuesto la desintegración del género *Prosopis* en tres linajes con base en estudios filogenéticos. El género *Neltuma* es uno de estos tres linajes e incluye las dos especies estudiadas en este trabajo (nomenclatura propuesta *Neltuma flexuosa* y *N. chilensis*). Se han seleccionado sitios de muestreo en cada clase de bosque, de acuerdo a la clasificación del mapa de bosques obtenido. En total se han muestreado 40 parcelas, distribuidas en 15 sitios. Se ha seguido la metodología usada en otros bosques del Monte (Alvarez et al., 2006, 2015, Cesca et al. 2014). En cada parcela (20 x 50 m cada una) se ha registrado tanto el número total de individuos de *Prosopis* como el número de tocones. Para cada individuo (adultos y renovales) se ha determinado: diámetro basal de cada fuste (cm); altura del árbol (m); forma (erecto, semierecto o decumbente); dimensiones de la copa (diámetro menor y mayor, en m); número y altura de fustes y el estado sanitario (sanos, sanidad regular, sanidad mala y muertos). Se consideran individuos renovales los que tengan un diámetro basal < 7,5 cm (Villagra et al. 2004). Con estos datos se ha procedido a realizar el cálculo de la cobertura total de la copa y el diámetro basal equivalente (Deq) de cada árbol, empleando para ello la siguiente fórmula propuesta por Alvarez et al. (2006):

$$\text{Deq} = \sqrt{2\{\pi (dab1/2)^2 + \pi (dab2/2)^2 + \pi (dab3/2)^2 + \dots + \pi (dabn/2)^2\}}/\pi$$

*dab: diámetro a la altura de la base en cm, para cada fuste.

2.4. Análisis de la vegetación

Paralelamente se ha realizado una descripción de las especies de la comunidad vegetal asociada, ya que para la conservación del ecosistema es necesario conocer las especies asociadas a *Prosopis*. El análisis de la vegetación se ha llevado a cabo mediante el relevamiento de las especies vegetales en comunidades homogéneas (Roig, 1973). Para esto, se midió la cobertura de cada especie vegetal y el porcentaje de suelo desnudo, en cuadrantes de 100 m² (10 x 10 m) en el primer tramo de cada parcela de muestreo. Se han elaborado inventarios florísticos para cada tipo de bosque según la metodología de Braun-Blanquet (1979), como en otros de los estudios realizados en el Monte (Villagra et al., 2004; Cesca et al., 2014; Alvarez et al., 2015).

2.5. Estado de conservación de los bosques

El estado de conservación del bosque ha sido definido a partir del inventario dasonómico y del conocimiento del estado sanitario y la forma de los ejemplares de cada tipo de bosque. El estado sanitario ha sido obtenido a partir de la clasificación de los árboles con respecto al grado de mortalidad de la biomasa aérea (Alvarez et al. 2006). La forma registrada ha sido clasificada según el criterio de forma y grado de esbeltez descrito por Pasiacknic et al 2006, desde árboles erectos a árboles decumbentes. Otra fuente de información importante es la historia de uso de los bosques, que permite inferir sobre el estado de conservación y las pautas de manejo necesarias.

2.6. Análisis de los datos

Para cada una de las variables analizadas del inventario dasonómico de cada bosque, se han calculado las medias (valor mínimo y máximo), desviación estándar y el coeficiente de variación.

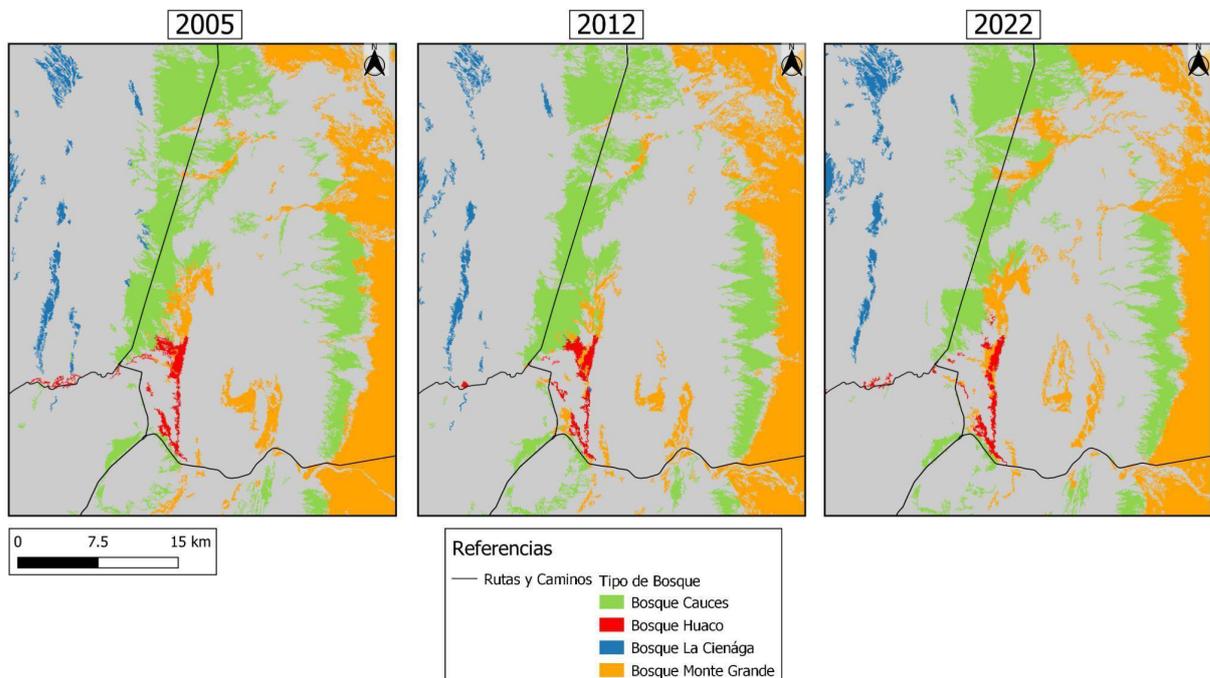
Se ha realizado un análisis de ordenación de los sitios muestreados según la distribución de frecuencia de diámetros basales, para los algarrobales de *P. chilensis* y los de *P. flexuosa*. Esto se obtuvo a través de un Análisis de Componentes Principales (Di Rienzo *et al.*, 2002). Para el análisis de la vegetación también se ha realizado un análisis de ordenación de los sitios muestreados en los bosques de *P. chilensis* y de *P. flexuosa*, a través de un Análisis de Componentes Principales (PCA), y en este caso, los sitios de muestreo se han ordenado según la similitud o no de su composición vegetal.

3. Resultados

3.1. Mapa de tipología de bosques

A partir del análisis de las imágenes satelitales y el trabajo a campo descrito anteriormente, se obtuvo un mapa de tipologías de bosques nativos, donde se visualizan las principales unidades boscosas del área de estudio. El mapa obtenido (Figura 2) presenta las 4 clases de bosques que se detallan a continuación: el Bosque La Ciénaga, el Bosque Cauces, el Bosque Huaco y el Bosque Monte Grande.

Figura 2. Tipos de bosques en 2005, 2012 y 2022



Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Superficie de bosque según tipo, exactitud e índice Kappa, para 2005, 2012 y 2022.

Periodo	Tipo de Bosque	Sup.(ha)	% de Exactitud	Kappa
2005	Huaco	1124,79	96,8	0,63
	Monte Grande	22528,58		
	Cauces	22366,77		
	La Ciénaga	3343,74		
2012	Huaco	946,39	97,45	0,7
	Monte Grande	23688,5		
	Cauces	21252,31		
	La Ciénaga	2967,65		
2022	Huaco	988,9	97,64	0,74
	Monte Grande	24422,79		
	Cauces	20008,64		
	La Ciénaga	4073,7		

Fuente: Elaboración propia

El Bosque La Ciénaga corresponde a un algarrobal de *P. chilensis* en galería, encontrándose principalmente sobre los cauces de los ríos temporales bordeados por quebradas y cerrilladas. En las laderas de estos cerros aparece la comunidad vegetal chaguaral. Por su parte, entre los cauces se desarrolla el jarillal mientras que sobre el cauce del Río Huaco (cauce permanente), existe un chilcal. El Bosque Cauce, también corresponde a un bosque de *P. chilensis* en galería y, al igual que el Bosque La Ciénaga, se encuentra sobre los cauces de ríos temporales, pero al norte y al sur del pueblo de Huaco, sobre la ruta 40.

El Bosque Huaco corresponde a un bosque de *P. flexuosa*, acompañado por *Larrea spp.* y *Atriplex spp.*. El paisaje general es de llanuras y se localiza al norte y al sur de la localidad de Huaco. El Bosque Monte Grande, corresponde al bosque más degradado de los cuatro analizados. Aparece conformado fundamentalmente por *P. flexuosa*, acompañado principalmente por *Bulnesia retama* y *Suaeda divaricata*.

3.2. Estructura poblacional

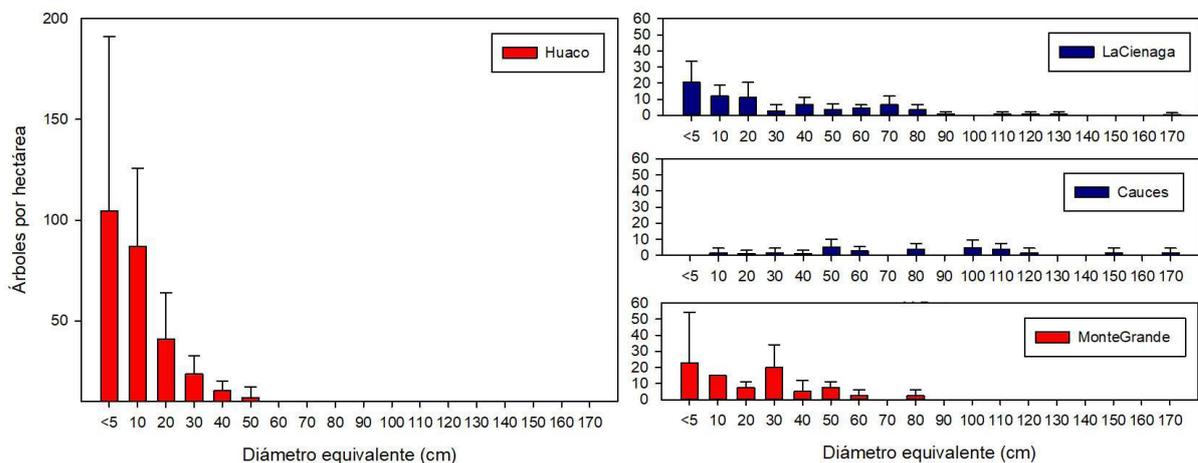
En el Bosque La Ciénaga se muestrearon y midieron un total de 119 árboles. La densidad media de algarrobos fue de 93,14 árboles ha⁻¹. La densidad promedio de renovales (aquellos cuyo DAB < 7,5cm) fue de 39,35 árboles ha⁻¹. En cuanto a la distribución de frecuencias diamétricas, se observó que las mayores frecuencias se dan en las clases diamétricas de 2,5 a 22,5 cm de DAB (entre 6

y 13 árboles ha⁻¹), encontrándose menos representadas las clases mayores a 82,5 cm, con algunos ejemplares de gran tamaño (de 170 cm, por ejemplo). En el Bosque Cauces se muestrearon 21 árboles de *P. chilensis*. La densidad media de algarrobos fue de 30,56 árboles ha⁻¹, y la densidad de renovales fue de 1,67 árboles ha⁻¹, siendo la densidad más baja de todos los bosques. Sumado al bajo porcentaje de la clase de regeneración (4,76 % del total de los individuos), se registran las mayores frecuencias diamétricas en las clases de 45 a 110 cm (20 árboles ha⁻¹). Esto indica que son individuos longevos y de gran tamaño (Tabla 2).

En el Bosque Huaco se muestrearon un total de 335 árboles de *P. flexuosa*. La densidad media de algarrobos fue de 420,1 árboles ha⁻¹, siendo la densidad promedio de los renovales de 232,63 árboles ha⁻¹. En la distribución de frecuencias diamétricas, las mayores frecuencias se dan en las clases diamétricas de 2,5 a 12,5 cm de DAB (entre 41,86 y 62,79 árboles ha⁻¹), y los individuos de mayor tamaño para este bosque son aquellos de 70 cm de DAB (Figura 3). En el Bosque Monte Grande, fueron muestreados 33 árboles de *P. flexuosa*, y se registró una densidad media total de 82,50 árboles ha⁻¹. En la distribución de frecuencias diamétricas, las mayores frecuencias se dan en las clases diamétricas de 5,0 a 35,0 cm de DAB, y el individuo de mayor tamaño para este bosque tiene 85 cm de DAB (Figura 3).

Con respecto a la ordenación de los sitios muestreados según la distribución de frecuencia de diámetros basales, podemos decir que para los algarrobales de *P. chilensis*, los sitios muestreados en Cauces se relacionan con las frecuencias diamétricas de mayor diámetro basal. Para los algarrobales de *P. flexuosa* no hay una relación de los sitios muestreados con respecto a las estructuras diamétricas correspondientes.

Figura 3: Estructura diamétrica (cm) de los Bosques La Ciénaga, Cauces, Huaco y Monte Grande.



Leyenda: El color de las barras indica la especie arbórea dominante en cada bosque: *Prosopis flexuosa* (rojo) y *Prosopis chilensis* (azul). La escala del eje de ordenadas es similar en todos los bosques, donde el bosque de Huaco llega hasta los 200 árboles por hectárea y los otros bosques hasta los 60 árboles por hectárea.

Fuente: Elaboración propia

3.3. Altura y cobertura arbórea

El Bosque La Ciénaga presenta una altura promedio de los árboles adultos de 5,93 m, un diámetro promedio de la copa de 8,07 m y una cobertura de *Prosopis* que se sitúa en el 35,42 % (Tabla 3). En el Bosque Cauces la altura promedio de los árboles adultos fue 8,64 m, el diámetro de la copa de 11,82 m y la cobertura de *Prosopis* del 33,3 %.

Para el Bosque Huaco la altura promedio de los árboles adultos fue de 4,78 m, el diámetro promedio de la copa de 5,6 m y la cobertura de *Prosopis* del 46,81 %. El Bosque Monte Grande presentó una altura de 5,37 m, 7,09 m de diámetro promedio de la copa y una cobertura del 26,70 % de *Prosopis*.

Tabla 3: Resumen de las variables medidas en los bosques La Ciénaga, Cauces, Huaco y Monte Grande.

VARIABLE	Parámetro	LA CIÉNAGA	CAUCES	HUACO	MONTE GRANDE
Densidad total (ind ha ⁻¹)	Media	93,1 (70,0 – 113,3)	30,6 (25,0 – 40,0)	420,1 (96,7 – 975,7)	82,5 (55,0 – 110,0)
	DE	20,3	8,2	325,8	38,9
	CV	0,22	0,27	0,77	0,47
Densidad renovales (ind ha ⁻¹)	Media	39,3 (10,1 – 76,7)	1,67 (0,0 – 5,0)	232,6 (6,7 – 797,3)	7,5 (0,0 – 15,0)
	DE	30,29	2,89	317,7	10,6
	CV	0,77	1,73	1,37	1,41
Densidad de adultos (ind ha ⁻¹)	Media	53,8 (36,7 – 66,7)	28,9 (25,0 – 35,0)	190,1 (90,0 – 320,0)	75,0 (55,0 – 95,0)
	DE	12,7	5,4	83,4	28,3
	CV	0,24	0,19	0,44	0,38
Altura adultos (m)	Media	5,9 (5,4 – 6,8)	8,6 (4,7 – 15,5)	4,5 (0,9 - 10,6)	5,4 (2,1 -11,1)
	DE	2,0	2,7	1,9	2,2
	CV	0,34	0,32	0,41	0,59
Diámetro copa adultos (m)	Media	8,1 (6,2 – 9,4)	11,8 (3,8 – 18,9)	5,5 (1,1 – 13,9)	7,1 (3,1 – 12,5)
	DE	3,6	3,8	2,6	2,5
	CV	0,45	0,32	0,48	0,35
Cobertura total (%)	Media	32,7 (23,8 – 40,7)	33,0 (20,3 – 47,9)	46,8 (45,9 – 53,9)	26,7 (25,2 – 28,2)
	DE	6,5	13,9	3,2	2,16
	CV	0,20	0,42	0,07	0,08
Área basal total (m ² ha ⁻¹)		12,7	19,7	10,8	11,3
Número de sitios por bosque		5	3	5	2
Número total de parcelas		15	7	14	4

Leyenda: (Densidad total, de renovales y de adultos (DAB>7,5 cm); altura adultos; diámetro de copa adultos; y cobertura total). Los valores presentados corresponden a media aritmética, desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV). Entre paréntesis () se muestran los valores entre los cuales varió la media (valor mínimo y máximo).

Fuente: Elaboración propia

3.4. Estado sanitario y forma

El estado sanitario y la forma de los árboles de las unidades boscosas se analizaron tanto para todas las clases diamétricas en conjunto como para los individuos adultos (diámetro basal > 7,5 cm). Para el Bosque La Ciénaga y el Bosque Cauces el estado sanitario es bueno, ya que los árboles sanos y con sanidad regular corresponden a más del 80 % del total analizado. En el Bosque Huaco

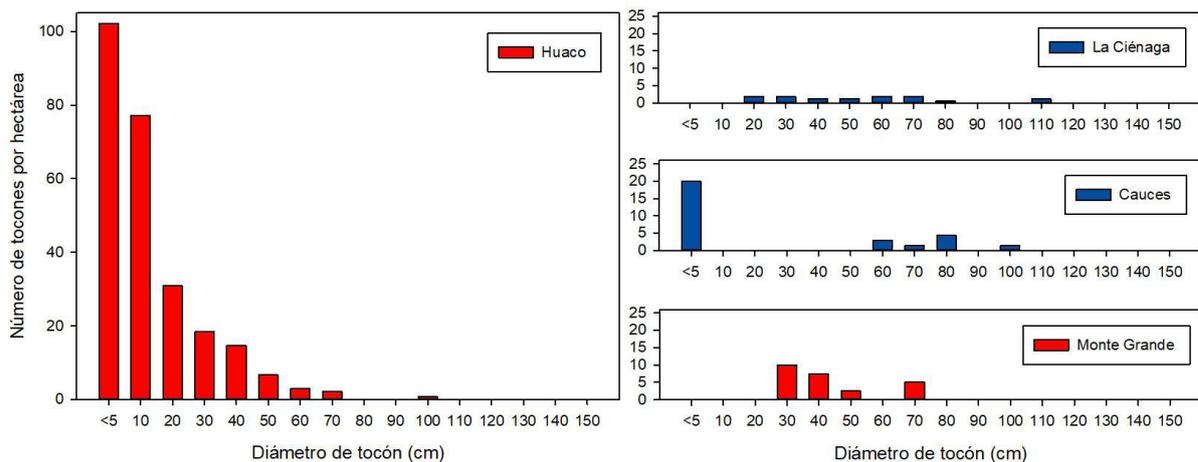
la sanidad también fue buena (casi el 80 % de los árboles estaban sanos o con sanidad regular), mientras que en el Bosque Monte Grande el estado sanitario fue mucho menor, presentando un 40 % de árboles muertos o en un estado sanitario muy deficiente.

En cuanto a la forma de los árboles, aparecen valores similares en los bosques La Ciénaga, Cauces y Huaco, donde más del 50 % de los árboles analizados corresponden a árboles erectos y semierectos (siendo estos los individuos de mayor importancia económica para la extracción de madera de aserrío o postes). El Bosque Monte Grande presenta un porcentaje mayor de árboles decumbentes (casi el 50 %).

Por su parte el análisis de los fustes de los árboles adultos de cada bosque muestra que los bosques La Ciénaga, Huaco y Monte Grande, presentan bajas proporciones de árboles unifustales (entre 18,2 y 32,1 %).

Para los árboles de *P. chilensis*, la distribución de frecuencias diamétricas de tocones muestra que en el Bosque La Ciénaga, las clases diamétricas más representadas son entre 15 y 75 cm. En el Bosque Cauces los diámetros de tocones varían entre 55-85 cm y 20 tocones por ha en diámetros < 5 cm (Figura 6). Respecto a los bosques de *P. flexuosa*, el Bosque Huaco presentó tocones en casi todas las clases diamétricas hasta los 70 cm, aunque la mayor frecuencia se sitúa entre los 5 y los 25 cm (más de 200), mientras que para el Bosque Monte Grande la clase diamétrica más representada es 30 cm (Figura 4). La densidad de tocones para los bosques es de 280 tocones ha⁻¹ para el primero y 25 tocones ha⁻¹ para el segundo. Sin embargo, en el Bosque Monte Grande, se encontraron más individuos talados al ras del suelo, con unos 15 individuos ha⁻¹ y ningún árbol muerto en pie, mientras que para el Bosque Huaco fue de 10,60 individuos ha⁻¹ talados al ras del suelo y 14,39 individuos ha⁻¹ muertos en pie.

Figura 4: Estructura diamétrica de los tocones (cm) de los bosques La Ciénaga y Cauces (izquierda) y de los Bosques Huaco y Monte Grande (derecha)



Leyenda: El color de las barras indica la especie arbórea dominante en cada bosque: *Prosopis flexuosa* (rojo) y *Prosopis chilensis* (azul).

Fuente: Elaboración propia

3.5. Estado de conservación y manejo de los algarrobales

Se observa que todos los bosques presentan signos de uso y de degradación forestal. El bosque La Ciénaga, que es el que se encuentra dentro del área protegida, presenta el mayor estado de conservación. Por otro lado, los bosques de Huaco, Cauces y Monte Grande presentan signos de degradación en distinto grado.

El Bosque Monte Grande es el que presenta mayor grado de disturbio, sin embargo, desde el análisis satelital se distingue un incremento de su superficie. A pesar de encontrarse a mayor distancia del pueblo de Huaco (la localidad más cercana), las vías de acceso son más fáciles, ya que se accede directo por la Ruta Nacional 40 y existe un camino en muy buen estado hacia el bosque. Dentro de este bosque existían dos locaciones habitacionales abandonadas, pudiendo observarse también hornos de carbón asociados. En este bosque encontramos dos procesos superpuestos, por un lado, la recuperación de sitios asociadas a la producción antigua de carbón, y, por otro lado, ciertos sectores que han presentado un uso de leña excesivo (más recientes pero anteriores al año 2005), en el cual se observan al día de hoy gran cantidad de tocones y signos de degradación.

4. Discusión

Como se ha visto en la Tabla 2 el Bosque Huaco presenta una retracción superficial de 135,89 ha, posiblemente debido a su cercanía del ejido urbano y que es de fácil acceso para la extracción de leña. En el caso de Monte Grande, se registra un aumento de la superficie del bosque de 1894,21 ha., lo cual podría relacionarse con el abandono del pueblo de Punta del Agua y la consecuente recuperación del algarrobal. Probablemente es el bosque que tiene una historia de uso más prolongado y de mayor intensidad (la distribución de frecuencias de tocones > 30cm). Estos algarrobos tendrían también un uso forestal, similar a lo observado para el Bosque Huaco. Respecto a los Cauces, hay una marcada disminución de la masa forestal (2 359,13 ha), lo que puede explicarse por su mayor exposición para la tala y a los procesos aluviales. El Bosque La Ciénaga manifiesta un incremento en la superficie forestal detectada de 729,96 ha, en sintonía con las medidas de conservación implementadas en el Área Natural Protegida.

Las comunidades vegetales descritas en este trabajo son: algarrobales de *P. chilensis* y algarrobales de *P. flexuosa*. En el caso de *P. chilensis*, los dos bosques (Bosque La Ciénaga y Bosque Cauces) presentaron mayor diversidad de especies que los bosques de *P. flexuosa* y se encontraron sobre los cauces de ríos temporales. Femenía (1993) describe las comunidades de *Prosopis* de Talam-paya (La Rioja), a 60 km aproximadamente de la zona de estudio de este trabajo, e indica que la comunidad de *P. chilensis* es más numerosa y rica en especies, por encontrarse en zonas de mayor disponibilidad de humedad en relación a la comunidad de *P. flexuosa*.

Estas diferencias según el gradiente latitudinal, se estarían cumpliendo también para los Bosque Huaco y Monte Grande, ya que los individuos presentan valores intermedios entre las poblaciones del norte y las del sur. La altura promedio de los individuos es 4,5 m; el diámetro de la copa es entre 5,1 y 7,5 m (cobertura intermedia). Esto también se ve en los valores de Área Basal Total (ABT), ya que el ABT para el Bosque de Pipanaco es de 17,06 m² ha⁻¹, para el bosque de Telteca es de 7,45 m² ha⁻¹ y para Ñacuñán es de 4,88 m² ha⁻¹, mientras que para el Bosque Huaco es de 10,8 m² ha⁻¹ y para Monte Grande de 11,3 m² ha⁻¹ (Tabla 3).

En el Monte la productividad maderable se encuentra entre $1,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en Pipanaco, $0,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en Telteca y $0,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en Ñacuñán lo que indica que el potencial económico de estos bosques varía de acuerdo a las condiciones ecológicas (Villagra et al., 2005). Para completar esta comparación, deberían realizarse estudios de biomasa y crecimiento para los Bosques Huaco y Monte Grande.

Pensando en pautas de manejo y áreas prioritarias de conservación, hay que prestar atención a que el bosque La Ciénaga se encuentra representado por individuos de menor tamaño que los del bosque Cauces, mientras el bosque Huaco presenta signos de uso y degradación intensos debido a su cercanía a la localidad de Huaco. Por su parte, el bosque Monte Grande se encuentra en las llanuras al norte de Huaco, en la Depresión del Río Bermejo y al este de la Ruta 40, lo cual facilita su acceso desde Huaco. La proporción de fustes que han ido creciendo indica el uso potencial de estos bosques y el tipo de manejo forestal que se les podría dar en el futuro, además considerando que se detectó remotamente cierta recuperación superficial de la biomasa. Para la extracción maderera de mayor valor comercial (madera de aserrío), es necesario que el porcentaje de árboles unifustales sea mayor. Para este tipo de bosques, con árboles multifustales, son necesarias prácticas de manejo que tiendan a mejorar la proporción de productos maderables. En cuanto a los tocones, se puede destacar que los valores reflejan la diferencia en el tipo de manejo entre el Bosque de Huaco y Monte Grande.

Comparando esta tipología de bosque propuesta en este manuscrito con el mapa del OTBN elaborado en 2016 por la Subsecretaría de Conservación y Áreas Protegidas de la Provincia de San Juan⁴, se puede observar que el Bosque La Ciénaga se encuentra categorizado⁵ en su totalidad como bosque amarillo. Sin embargo, además de ser un Área Protegida, encontramos un valor de conservación alto. El bosque presenta un buen estado sanitario y posee función de protección de cuencas.

En la actualidad el Bosque Huaco, presenta un sector de categoría III (verde) de conservación y otro sector de categoría II (amarillo). Considerando la estructura poblacional y su estado sanitario, sumado al hecho de que es el único bosque de *P. flexuosa* con estas características de la zona, también lo consideramos con un valor de protección alto. Tanto en las imágenes satelitales como en el campo, pudimos comprobar que existen zonas dentro de este bosque, con una alta densidad de árboles en buen estado sanitario y con buena regeneración, que tienen un difícil acceso, ya que existen cárcavas de gran profundidad que limitan su accesibilidad. En cambio, el resto del bosque lo consideramos con un valor de conservación medio, actuando como zona *buffer* del área de mayor protección, ya que esta área se encuentra hacia el este del bosque, limitando con la sierra de los Morados.

La sanidad y el estado general del Bosque Monte Grande son más bajos, probablemente debido a la fuerte presión que existe sobre los algarrobales. Se encuentra en la categoría II (amarillo) de conservación, la cual consideramos adecuada. Sin embargo, se recomienda reforzar los esfuerzos de protección de este bosque, aumentando los controles y la fiscalización. Por otro lado, se podría pensar en acciones de recuperación de este bosque, ya que el Área Protegida La Ciénaga cuenta con un vivero de especies nativas que podría utilizarse para la remediación de este algarrobal.

4. <https://www.crea.org.ar/mapalegal/otbn/san-juan>

5. La "Ley de bosques" (Ley 26.331) establece que a partir del Ordenamiento Territorial del Bosque Nativo (OTBN) las provincias realicen la zonificación de los bosques nativos en tres categorías de conservación, a partir de criterios de sustentabilidad ambiental establecidos en la ley: categoría I (rojo) bosques de alto valor de conservación, categoría II (amarillo) bosques de mediano valor de conservación y categoría III (verde) bosques de bajo valor de conservación, que pueden ser transformados parcial o totalmente.

La proporción de individuos erectos y de un solo fuste, es un indicador del uso potencial del bosque, ya que la forma de los árboles permite que estos puedan ser aprovechados para extracción de maderas de mayor valor forestal (muebles o postes) o menor valor (leña). En otros algarrobales del Monte con características parecidas a estos bosques (multifustalidad y árboles decumbentes), Alvarez et al. (2006) afirman que estas características limitan las posibilidades de uso de los bosques para la producción de leña y/o carbón. Además, Alvarez y Villagra (2009) señalan que, en zonas de baja productividad, la extracción de leña seca es una actividad de bajo impacto que permite complementar otras actividades productivas. Por lo tanto, la legislación forestal debería ajustarse a los diferentes lugares de acuerdo a la productividad biológica de los bosques, teniendo en cuenta no solo su uso para extracción maderera, sino también de otros recursos (pastoreo, apicultura) (Villagra et al., 2005).

Considerando la estructura poblacional y la forma de los árboles de los bosques La Ciénaga y Huaco, resultaría poco probable la planificación de un manejo tendiente a la extracción de productos forestales de alto valor. En su lugar, la disponibilidad se limita a leña o carbón y una baja producción de postes. En cuanto al bosque "Cauces", a pesar de ser el bosque que presentó mayor proporción de árboles unifustales y erectos, la densidad de algarrobos es demasiado baja (30,6 individuos ha⁻¹) como para pensar en algún tipo de aprovechamiento forestal. Sumado a que es un algarrobal con una población de árboles longevos y con muy baja regeneración.

Otro indicador del uso potencial del bosque es la calidad de la madera de cada especie forestal. Karlin et al. (1997) indican que la calidad de la leña de *P. flexuosa* es mayor que la de *P. chilensis*. Esto podría explicar la mayor presión de uso que en la zona de estudio tienen los bosques de *P. flexuosa* frente a los de *P. chilensis*.

Los algarrobales de la Depresión del Río Bermejo sufren diversos disturbios que podrían estar determinando la estructura forestal de las poblaciones. Villagra et al. (2009) indican que el uso del bosque para la actividad ganadera tendría efectos negativos directos sobre los algarrobales, ya que se incrementan secciones con suelo desnudo, y se reduce la cobertura total de estratos arbustivos, de matorral y herbáceos.

Las diferencias en la estructura y la productividad del bosque reflejan disimilitudes en las variables ambientales como temperatura media, disponibilidad de agua, extensión del período de crecimiento, período libre de heladas, historia de uso del suelo y potencial genético de crecimiento a lo largo del gradiente latitudinal (Cony, 1996). Villagra et al. (2005) sugieren que para el manejo de los bosques del Monte a lo largo de ese gradiente latitudinal (Pipanaco, Fiambalá, Telteca, Ñacuñán) se necesitan distintas prácticas de manejo si se quiere alcanzar la sustentabilidad de estos bosques. Las poblaciones del norte (Bolsón de Fiambalá y Salar de Pipanaco en Catamarca) poseen mayor densidad de árboles con diámetros basales grandes (> 35 cm), los individuos son más altos (6,7-8,2 m) y de mayor diámetro de copa (8-12 m), la cobertura arbórea (51,4-37,8 %), el incremento anual del diámetro (4,9-6,2 mm) y altura de fuste (1,1-1,3 m), la mayoría son erectos y unifustales y la biomasa forestal del bosque puede llegar a 42 Tn ha⁻¹ (Villagra y Alvarez, 2006, Villagra et al. 2021). De acuerdo a la estructura forestal y productividad, los bosques de Pipanaco podrían ser usados, con algunas restricciones, para producción de madera. Por el contrario, la baja productividad y multifustalidad de los algarrobos de Telteca y Ñacuñán puede sostener una combinación de uso local para leña y otras actividades extractivas, como pastoreo extensivo por ganado. Las poblaciones del Monte central (Telteca, Ñacuñán y General Alvear en Mendoza) poseen menor densidad de individuos maderables, los individuos son más bajos (3- 7

m) y, el diámetro de copa es menor (3 -6 m) (< cobertura). La mayor proporción de los individuos corresponde a ejemplares decumbentes y multifustales, con fustes de menor tamaño y una biomasa que varía entre 9 y 12 Tn ha⁻¹ (Villagra y Alvarez, 2006). Desde un punto de vista forestal esto representa un problema, ya que repercute negativamente en aspectos como la calidad de los productos y la rentabilidad. En consecuencia, debería ponerse a prueba si trabajos silviculturales como podas de formación podrían mejorar este atributo estructural del bosque (Alvarez et al., 2006).

En este marco se puede pensar al bosque como un entramado histórico de interacciones ambientales y antrópicas. Si bien Adamo (2003) no consideró que las evidencias resultaron concluyentes respecto a las condiciones medioambientales en relación al éxodo rural, otros estudios han estimado este punto como un factor relevante para entender dicha relación. Por ejemplo, la afectación que produjeron los proyectos de diferimientos en otras áreas y sus impactos en los bosques o en la demanda de agua pueden explicar, al menos en parte, la morfología que ha tomado el bosque nativo en los últimos tiempos. Pensar el ordenamiento territorial del bosque supone tener en cuenta estas intersecciones entre los impactos provocados por diferentes proyectos de desarrollo, obras hidráulicas y formas productivas que son las que finalmente configuran la trayectoria de las masas boscosas. En relación a lo expuesto, resulta de interés la implementación de métodos de cartografía participativa, ya que permiten obtener una representación visual de cómo la comunidad percibe su territorio y el entorno socio-ambiental, contribuyendo al diálogo entre técnicos y pobladores. De igual manera resulta un criterio relevante debido a que permite identificar aquellas zonas que son consideradas de importancia por parte de las comunidades que ocupan el territorio. Pudiendo estimar áreas sujetas a conflictos y de mayor degradación del bosque nativo, que resultan insumos para la elaboración de propuestas de ordenamiento territorial del recurso forestal (Agüero et al., 2019). De esta manera se promueve una política pública de ordenamiento situado en el contexto específico de la comunidad que lo utiliza. Por último, estudiar la relación entre la retracción-estancamiento de la población puede ser un indicador del carácter siempre complejo de la relación del bosque con su entorno social comunal, especialmente, en zonas caracterizadas por ser periféricas donde la cría de ganado menor es muy sensible a los disturbios que puedan ocurrir en el área.

5. Conclusiones

Con base a los objetivos propuestos luego del análisis satelital y del trabajo de campo se han detectado 4 unidades boscosas a partir del estudio de las comunidades vegetales asociadas a la existencia de *P. flexuosa* y *P. chilensis*. A partir de estas definiciones se ha llegado a un mapa de tipologías de bosques que permiten mensurar su distribución y estado de conservación. Asimismo, el trabajo cartográfico ha sido enriquecido con una breve descripción de la trayectoria socioambiental de los bosques circundantes al área de Huaco.

Respecto del tercer objetivo, el cual se proponía conocer el estado de conservación de los distintos bosques, se ha encontrado que en el Bosque La Ciénaga, el Bosque Cauces y el Bosque Huaco el estado sanitario era bueno, ya que los árboles sanos y con sanidad regular suponen en torno del 80 % del total relevado. Por el contrario, en el Bosque Monte Grande los árboles muertos o en un estado sanitario deficiente han significado el 40% de árboles muertos o en un estado sanitario muy malo. En todos los bosques se han detectado evidencias observables de uso y degradación

forestal lo que impediría al menos en el corto plazo planificar un manejo para extracción de maderables de alto valor, si bien esta medida podría circunscribirse a usos locales menores.

En relación al presente trabajo se abren líneas de investigación tendientes a indagar en las trayectorias de los bosques a partir de cartografía histórica y fuentes documentales que puedan dar cuenta de su especificidad local y sus usos históricos. Otra línea posible es la que analiza la interrelación entre proyectos de desarrollo (grandes obras de infraestructura o políticas de desarrollo que fomenten actividades en áreas forestales y sus cercanías) y las afectaciones a los bosques nativos. Por último, y como se ha intentado demostrar en este trabajo, se abre un prometedor campo de estudio para la indagación entre la historia ambiental regional y la cartografía de bosques en zonas áridas que proporcione herramientas para el ordenamiento territorial para cada área forestal.

Bibliografía

- Abraham, E., Valle, H.F., Roig, F., Torres, L., Ares, J. O., Coronato, F. & Godagnone, R. (2009). Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina). *Journal of Arid Environments*, 73(2), 144–153.
- Adamo, S.B. (2003). *Vulnerable People in Fragile Lands: Migration and Desertification in the Drylands of Argentina. The case of the Department of Jáchal*. PhD Dissertation. University of Texas at Austin. 297 pp.
- Adamo, S.B. y Crews-Meyer, K.A. (2006). Aridity and desertification: Exploring environmental hazards in Jáchal, Argentina. *Applied Geography*, 26, 61–85.
- Agüero, L., Martinelli, M., Alvarez, J. & Rojas, F. (2018). Estado de conservación y procesos de uso del bosque nativo en el valle de Bermejo (San Juan, Argentina). En: *Huellas y perspectivas: XII Jornadas Cuyanas de Geografía / Mónica Colombaro [et al.]; compilado por Silvia Beatriz Robledo*. Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, 2018. Libro digital ISBN 978-950-774-328-3. Páginas: 480-493.
- Agüero, M., Rojas, F. & Alvarez, J. (2019) Aportes desde la cartografía participativa y la historia ambiental al Ordenamiento Territorial del Bosque Nativo. Valle de Bermejo (Provincia de San Juan, Argentina). *Revista Proyección* 12 (23): 83-102. <http://ffyl.uncuyo.edu.ar/upload/publicacionn23completa.pdf>
- Alvarez, J.A. (2008). *Bases ecológicas para el manejo sustentable del bosque de algarrobos (Prosopis flexuosa DC.) en el noreste de Mendoza. Argentina*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Comahue, Bariloche (Argentina).
- Alvarez, J.A. y Villagra, P.E. (2009). *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). *Kurtziana*, 35(1), 49–63.
- Alvarez, J.A.; Villagra, P.E. y Villalba, R. (2011a). Factors controlling deadwood availability and branch decay in two *Prosopis* woodlands in the Central Monte, Argentina. *Forest Ecology and Management*, 262, 637–645.
- Alvarez, J.A.; Villagra, P.E.; Cony, M.A.; Cesca, E.M. y Boninsegna, J.A. (2006). Estructura y estado de conservación de los bosques de *Prosopis flexuosa* D.C. (Fabaceae, subfamilia: Mimosoideae) en el noreste de Mendoza (Argentina). *Revista Chilena de Historia Natural*. 79: 75-87.
- Alvarez, J.A.; Villagra, P.E.; Villalba, R.; Cony, M.A. y Alberto, M. (2011b). Wood productivity of *Prosopis flexuosa* D.C. woodlands in the central Monte: Influence of population structure and tree-growth habit. *Journal of Arid Environments*, 75, 7–13.
- Álvarez J.A., Villagra P., Cesca E., Rojas, F. y Delgado, S. (2015) Estructura, distribución y estado de conservación de los bosques de *Prosopis flexuosa* del Bolsón de Fiambalá (Catamarca). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50 (2): 193-208.
- Allub, L., Guzmán, L. 2000. Las estrategias de sobrevivencia de los pequeños productores rurales de Jáchal, San Juan, Argentina. *Estudios Sociológicos* 18(1):125-165.
- Braun-Blanquet, J. (1979). *Fitosociología*. Blume. Madrid. 819 pp.
- Cabrera, A.L. (1976). *Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2ª Edición. Tomo II. Fascículo I*. Acme S.A.C.I., Buenos Aires. Argentina. 85 pp.
- Cavagnaro, J.B. y Passera, C.B. (1993). Relaciones hídricas de *Prosopis flexuosa* (algarrobo dulce) en el Monte, Argentina. En: IADIZA (Ed.). *Contribuciones Mendocinas a la Quinta Reunión Regional para América Latina y el Caribe de la Red de Forestación del CIID*. Conservación y Mejoramiento de Especies del Género *Prosopis*. Mendoza, Argentina. 73-78.

- Cesca, E. (2003) *Efecto de Prosopis flexuosa sobre las especies palatables y su importancia para el manejo pastoril de los algarrobales del noreste de Mendoza*. Tesis de Licenciatura, Universidad del Congreso, Mendoza, Argentina. 61 pp.
- Cesca, E.M., Villagra, P.E., Alvarez, J.A. (2014). From forest to shrubland: Structural responses to different fire histories in *Prosopis flexuosa* woodland from the Central Monte (Argentina)
- Cony, M. (1996). Genetic variability in *Prosopis flexuosa* D. C., a native tree of the Monte phytogeographic province, Argentina. *For. Ecol. Manage.* 87: 41-49.
- Cony, M. A., y Trione, S. O. (1996). Germinación bajo estrés hídrico y salino de dos especies nativas de algarrobo. Su variabilidad genética. *Actas XXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal*. Mendoza: 130-131.
- Díaz, M. del V., García, Z., & Madueño, E. (2010). La gestión de una obra hídrica en zona árida: una lectura desde las categorías de Pierre Bourdieu. *RevIISE - Revista De Ciencias Sociales Y Humanas*, 1(1), 43-52.
- Díaz, Ramón (2017) Huaco y el Dique Los Cauquenes. Diario de Cuyo. Cartas del Lector aparecida el 29-06-2017, en el Diario de Cuyo. Disponible en: <https://www.diariodecuyo.com.ar/cartasdellector/Huaco-y-el-Dique-Los-Cauquenes-20170628-0080.html>
- Environmental Justice Atlas (2018) Mina Gualcamayo, San Juan, Argentina. Disponible en: <https://www.ejatlasc.org/conflict/mina-gualcamayo-san-juan>
- FAO. (2007). Mejorar las actividades forestales para reducir la pobreza. FAO.
- FAO. (2020). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Evaluación de Los Recursos Forestales Mundiales 2020. <https://doi.org/10.4060/ca8753es>
- Femenía, J.H. (1993). Ecosistemas de *Prosopis* en Talampaya. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Asociación Forestal Argentina, Paraná, 8 pp.
- Fili, J.P. (2022) *Diferimientos agrícolas y dialéctica de la destrucción creativa en la provincia de San Juan*. Tesis Doctoral. Centro de Estudios Avanzados. Universidad Nacional de Córdoba.
- Gil, A.R. (2013). *Estructura forestal y estado de conservación de los bosques de Prosopis chilensis y Prosopis flexuosa (algarrobales) de la Depresión del Río Bermejo, noreste de San Juan*: (Tesina de grado). Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. http://t.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/5337/tesisaniagil.pdf
- Goirán, S. B., Aranibar, J. N., & Gomez, M. L. (2012). Heterogeneous spatial distribution of traditional livestock settlements and their effects on vegetation cover in arid groundwater coupled ecosystems in the Monte Desert (Argentina). *Journal of Arid Environments*, 87, 188-197.
- González-Roglich, M., & Swenson, J. J. (2016). Tree cover and carbon mapping of Argentine savannas: scaling from field to region. *Remote Sensing of Environment*, 172, 139-147.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27.
- Guida-Johnson, B., Villagra, P.E., Alvarez,L., Rojas,F., & Alvarez, J. (2021) Finding woodlands in drylands: Bases for the monitoring of xeric open forests in a cloud computing platform. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 22: 100528
- Hughes, C. E., Ringelberg, J. J., Lewis, G. P., & Catalano, S. A. (2022). Disintegration of the genus *Prosopis* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae, mimosoid clade). *PhytoKeys*, 205, 147-189. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.205.75379>
- Karlin, U.O.; Coirini, R.O.; Catalán, L. y Zapata, R. (1997). Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. Serie: Zonas áridas y semiáridas N°12. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago, Chile. 3-63.
- Lignum. (2023). Ya hay acuerdo en la Unión Europea para luchar contra la deforestación mundial. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/internacional-especies-madera/madera-legal/>
- Karlin, Ola (2010). Manejo sustentable y participativo de los bosques nativos en el Valle del Bermejo, San Juan (Programa Experimental de Bosques Nativos código 3296-09)
- Márquez, J., Ripoll, Y., Ariza, M., Martínez-Carretero, E., Dalmaso, A., Cantoni, R., Vallecillo, G. & Tejada-Turesso, H. (2011) Cartilla La Ciénaga. Reseña de aspectos históricos y de sus ambientes naturales. Vegetación y usos que los pobladores realizan de la flora. <https://www.geobotanica.net/PUBLICACIONES/LIBROS/La%20Cienaga.pdf>

- Martinelli M. (2009). *Caracterización de la degradación de tierras en sistemas productivos de zonas áridas, en Valle Fértil, Noreste de San Juan, Argentina. Identificación de indicadores*. Tesis de Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Millennium Ecosystem Assessment, MA. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington.
- Morello, J.H. (1958). La Provincia Fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana* 2, 5-115.
- Newton, A. C., & Tejedor, N. (2011). Principios y Práctica de la Restauración del Paisaje Forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina. (A. C. Newton & N. Tejedor (eds.)). Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales. Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas.
- Peri, P., Chauchard, L., Brown, A., La Rocca, S., Fernández, N., Amoroso, M., Campanello, P., Hilgert, N., Bergesio, L., Malizia, M., García-Moritán, M., Balducci, E., Politi, N., Rojas, F., Castillo, L. & Martínez-Pastur, G. (2021) Historia y situación actual del uso del bosque nativo y principales técnicas silvícolas. En: Pablo Luis Peri, Guillermo Martínez Pastur y Tomás Schlichter (ed). *Uso Sostenible del Bosque. Aportes desde la Silvicultura Argentina*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS), CADIC-CONICET, INTA; CABA.
- Roig, F.A. (1993) Informe Nacional para la Selección de Germoplasma en Especies del Género *Prosopis* de la República Argentina. En: IADIZA (Eds). *Contribuciones Mendocinas a la Quinta Reunión Regional para América Latina y el Caribe de la Red de Forestación del CIID. Conservación y Mejoramiento de Especies del Género Prosopis*. IADIZA-CRICYT-CIID, Mendoza, Argentina. 1-36.
- Rojas, F. (2012). *Procesos Ambientales: Deforestación y Actividades Productivas en los valles y bolsones del oeste de La Rioja y Catamarca desde mediados del siglo XIX*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza (Argentina). 436 pp.
- Rojas, F., Prieto M. del R., Álvarez J. & Cesca E., (2009). Procesos socioeconómicos y territoriales en el uso de los recursos forestales en Mendoza desde fines de siglo XIX hasta mediados del XX. *Revista Proyección* N°7, Vol 2, N°7: 1-33.
- Rojas, F. (2013). Rol de la minería y el ferrocarril en el desmonte, del oeste riojano y catamarqueño (Argentina), en el período 1850-1940. *Revista Población y Sociedad*, Vol. 20 N° 1: 5-39.
- Rojas, F., Wagner, L. (2021) Inventario de glaciares en Argentina: conflictos, polémicas públicas y disputas de sentido. En: Marina Miraglia y Ana Marcela Franca (comp) *Paisaje y patrimonio: impresiones de la historia en el ambiente natural*. Universidad Nacional de Quilmes-TESEO.
- Rojas, F. (2021) Dimensiones sociales y territoriales de las sequías en San Juan (siglos XVIII-XXI): una propuesta de periodización. *Punto sur*; Lugar: Ciudad Autónoma de Buenos Aires; Año: 2021 vol. 5 p. 64 - 90.
- Ros-Segura, V. *Ser Huarpes en el siglo XXI. Territorios, conflictos e intervenciones de desarrollo (2000-2017)*. Tesis doctoral. Centro de Estudios Avanzados. Universidad Nacional de Córdoba.
- Vázquez, D.P., Aschero, V. & Stevani, E.L. (2008). Livestock grazing, habitat protection and diversity of bees and wasps in the Central Monte desert. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 67 (3-4), 1-10
- Vázquez, D.P.; Alvarez, J.A.; Debandi, G.; Aranibar, J.N & Villagra, P.E. (2011). Ecological consequences of dead wood extraction in an arid ecosystem. *Basic and Applied Ecology* 12 (2011) 722-732.
- Villagra, P.; Cony, M.; Mantován, N.; Rossi, B.; González, M.; Villalba, R. & Marone, L. (2004). *Ecología y manejo de los algarrobales de la Provincia Fitogeográfica del Monte*. M. Arturi, J. Frangi, J. Goya (Eds.), Ecología y manejo de bosques nativos de Argentina, Editorial Universidad Nacional de La Plata, La Plata. 1-32.
- Villagra, P.E. (1997). Germination of *Prosopis argentina* and *P. alpataco* seeds under saline conditions. *J. Arid Environ.* 37: 261-267.
- Villagra, P.E.; Boninsegna, J.A.; Álvarez, J.A.; Cony, M.; Cesca, E. & Villalba, R. (2005). Dendroecology of *Prosopis flexuosa* woodlands in the Monte desert : Implications for their management. *Dendrocronologia*, 22, 209-213.
- Villagra, P.E.; Defossé, G.; Del Valle, H.; Tabeni, M.S.; Rostagno, C.M.; Cesca, E. & Abraham, E.M. (2009). Land use and disturbance effects on the dynamics of natural ecosystems of the Monte Desert. Implications for their management. *Journal of Arid Environments*, 73, 202-211.
- Villagra, P.E., Alvarez, J. A. (2019). Determinantes ambientales y desafíos para el ordenamiento forestal sustentable en los algarrobales del Monte, Argentina. *Ecología Austral*, 29, 146-155. <https://doi.org/https://doi.org/10.25260/EA.19.29.1.0.752>
- Villagra, P. E., J. A. Alvarez, M. Karlin, P. A. Meglioli, C. Vega Riveros, R. Zapata, E. M. Abraham, L. Alvarez, V. Aschero, E. Cesca, R. Coirini, M. Cony, G. Gatica, U. O. Karlin, E. Melián, S. Mora, M. S. Morales, M. R. Prieto, E. Pucheta, Y. Ribas, S. A. R. Juñent, F. Rojas, A. G. Rolhauser, C. Rubio, C. Rubio, C. Sartor, & A. Tonolli. (2021).

Bosques de la región del Monte. Pages 443–542 in P. L. Peri, G. M. Pastur, and T. Schlichter, editores. *Uso sostenible del bosque. Aportes desde la Silvicultura Argentina*. Buenos Aires, Argentina.

- Walter, P. A., (2011). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)*. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_polpubfranquicia.pdf.
- Zorogastúa Cruz, P.; Quiroz Guerra, R. & Garatuza Payán, J. (2011), Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura - Perú. *Ecología Aplicada*, 10(1), 2011. 11 pp.

Agradecimientos

A Yanina Ripoll y Marcelo Jordán, de la Dirección de Áreas Protegidas de San Juan, por facilitarnos los permisos y acceso al área protegida y asesoramiento. A Federico Peralta por asistencia en el trabajo de campo y otras tareas de logística y asesoramiento.

Contribución de autorías

Ania Gil: diseño, muestreo, análisis de datos, escritura.

Juan Agustín Alvarez: diseño, coordinación, muestreo, escritura.

Facundo Rojas: diseño, coordinación, muestreo, escritura, gestión de la publicación.

Erica Cesca: diseño y muestreo en el trabajo de campo.

Leandro Alvarez: cartografía, análisis estadístico y de imágenes satelitales.

Gualberto Zalazar: muestreo y asistencia en el trabajo de campo.

Juan Pablo Fili: escritura de antecedentes (contexto sociohistórico), gestión de la publicación, corrección de estilo.

María Laura Agüero: escritura de antecedentes.

Pablo Eugenio Villagra: diseño, coordinación, muestreo, escritura, gestión de fondos.

Financiación

Se agradece al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Cuyo y Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCyT mediante proyecto PITES 03) por financiar esta investigación.

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

La representación social de la huerta y su patrimonio hidráulico como paisaje cultural: estudio exploratorio en Mula (Región de Murcia)

The social representation of the orchard and its hydraulic heritage as a cultural landscape: an exploratory study in Mula (Region of Murcia)

JOSÉ ANTONIO LÓPEZ FERNÁNDEZ¹  0000-0000-0000-0000

¹ Universidad de Murcia. Murcia. España.

Resumen

El objeto de la investigación ha sido el de analizar la percepción de la ciudadanía sobre la huerta y su patrimonio hidráulico asociado, dentro del conjunto de bienes culturales del municipio de Mula, situado este en el interior de la Región de Murcia. El estudio se elaboró desde la metodología del análisis geográfico y la geografía cultural. Para la toma de datos, se desarrolló un cuestionario mixto y semiestructural en el que han participado 102 personas, de diferentes edades, estudios y ocupación laboral. Los resultados ponen de manifiesto una valoración inferior del patrimonio hidráulico y el paisaje de la huerta respecto a otros bienes culturales, tanto materiales (castillo o edificios religiosos) como inmateriales (fiestas y tradiciones locales). También se observa la importancia de la formación académica en la valoración del patrimonio cultural y, sobre todo, de las infraestructuras relacionadas con el uso del agua. Se observa una mejor consideración de los agricultores que tienen contacto directo con el territorio. En cambio, los participantes jóvenes otorgan menos valor al patrimonio hidráulico.

Palabras clave: análisis geográfico; percepción social; huerta; patrimonio hidráulico; Mula (Región de Murcia).

Fechas • Dates

Recibido: 2023.05.16
Aceptado: 2023.10.11
Publicado: 2024.xx.xx

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

José Antonio López Fernández
jantoniolf@um.es

Abstract

The object of the investigation has been to analyze the perception of the public about the orchard and its associated hydraulic heritage, within the set of cultural assets of the municipality of Mula, located in the interior of the Region of Murcia. The study was elaborated from the methodology of geographic analysis and cultural geography. For data collection, a mixed and semi-structural questionnaire was developed in which 102 people of different ages, studies and occupations participated. The results reveal a lower valuation of the hydraulic heritage and the landscape of the orchard compared to other cultural assets, both material (castle or religious buildings) and immaterial (festivities and local traditions). The importance of academic training in the valuation of cultural heritage and, above all, of the infrastructures related to the use of water is also observed. A better consideration of farmers who have direct contact with the territory is observed. In contrast, young participants place less value on hydraulic heritage.

Keywords: geographic analysis; social perception; orchard; hydraulic heritage; Mula (Murcia Region).

1. Introducción

El paisaje representa un concepto complejo, que ha ido evolucionando desde una visión artística y estática hacia una concepción holística e interrelacionada. El paisaje se concibe hoy como un todo en sí mismo, más allá de la suma de sus elementos. Esta consideración amplia del concepto paisaje se refrendó en el Convenio Europeo del Paisaje (Florenia, 2000), donde se definió a este como “cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos”. En este sentido, la percepción de la población es un hecho fundamental a la hora de concebir e interpretar el paisaje, que a su vez, surge de la relación existente entre los grupos sociales y su medio natural. Debido a su amplia consideración, y al calor de la interpretación de Florenia, el paisaje ha sido integrado en la agenda política de los distintos niveles administrativos de los países de Europa, ya que se concibe, además, como un elemento de calidad de vida, como aspecto patrimonial y como recurso de desarrollo territorial (Mata-Olmo y Ferrer-Jiménez, 2021). Desde el análisis geográfico, diversas investigaciones ponen de manifiesto esta reciente valorización y redescubrimiento del paisaje, si bien son numerosas las lagunas para su correcta lectura e interpretación (Hernández, 2009).

La consideración integral del paisaje, otorgada en Florenia, venía a recoger los resultados de los anteriores convenios relacionados con la naturaleza y el patrimonio, como fue la Convención de la vida silvestre y del medio natural en Europa (Berna, 19 de septiembre de 1979), el Convenio para la salvaguarda del patrimonio arquitectónico de Europa (Granada, 3 de octubre de 1985) o el Convenio europeo para la protección del patrimonio arqueológico (La Valeta, 16 de enero de 1992). De este modo, el paisaje empieza a considerarse un patrimonio común de los europeos, tanto desde el punto de vista natural como cultural.

Bajo el paradigma de la estrecha relación entre paisaje y patrimonio, en España se desarrollaron diversos Planes Nacionales como instrumentos para la gestión del patrimonio cultural. En concreto, el Plan Nacional de Paisaje Cultural (2012) viene a definir el paisaje cultural como “el resultado de la interacción en el tiempo de las personas y el medio natural, cuya expresión es un territorio percibido y valorado por sus cualidades culturales, producto de un proceso y soporte de la identidad de una comunidad” (Consejo de Patrimonio Histórico, 2012). En ambos casos, tanto en el Convenio de Florenia como el Plan Nacional de Paisaje Cultural, se observa la importancia y el papel otorgado a la acción humana sobre la construcción del paisaje y, sobre todo,

a la concepción que los ciudadanos tienen sobre paisaje, a los valores y las cualidades identitarias que suscita un territorio o lugar para una comunidad. Tal y como señala Martínez de Pisón (2017, 48), el paisaje “constituye, en suma, un hecho y un símbolo cultural”.

En este sentido, los paisajes de regadío tradicional que configuran las huertas del ámbito mediterráneo pueden concebirse como un patrimonio cultural, fruto de ancestrales actividades agrarias y el uso y gestión del agua (Mata y Fernández, 2010), que con el paso de los siglos ha dejado su impronta, tanto material como inmaterial, en muchos territorios del Mediterráneo (Hermosilla e Iranzo, 2014). Desde diferentes contextos, los espacios de huertas tradicionales mediterráneas se han analizado desde su consideración como espacios patrimoniales (Canales y Ruíz, 2011). Estos paisajes están caracterizados por todo el complejo hidráulico que, a la sazón, viene a constituir las arterias y aparatos articuladores que dan forma al espacio regado –azudes, red de acequias, partidores, balsas, edificios molineros, etc. – (Hermosilla, 2016). Dos ejemplos de espacios agrarios ancestrales y consideración patrimonial lo constituyen la Huerta de Valencia (Iranzo, 2014) y la Huerta de Murcia (Gil y Gómez, 2014), ambos modelos actuales de procesos de periurbanización y degradación de su fisonomía y función tradicional.

Como se viene señalando, la concepción que la población tiene sobre estos espacios utilizados históricamente por las comunidades locales es imprescindible para su consideración patrimonial y valoración paisajística (Silva, 2009; Martínez de Pisón, 1997). En este sentido, las huertas locales y su patrimonio hidráulico asociado constituyen un espacio de vida; son formas creadas por la relación entre el ser humano y su entorno, pero también son vivencias, recuerdos, tradiciones y cultura. Desde este punto de vista, la investigación que aquí se presenta pretende indagar en la percepción social que tiene la población local sobre un espacio concreto. El territorio objeto de estudio es el de la Huerta de Mula, situada en el interior de la Región de Murcia. Así, los principales interrogantes que han vertebrado el estudio son: ¿Cómo concibe la población local el paisaje de huerta tradicional y su patrimonio hidráulico asociado? Dentro del patrimonio cultural existente en el municipio, ¿qué consideración recibe la huerta y los elementos históricos asociados al uso del agua?

La investigación se establece sobre los postulados del análisis geográfico y de la geografía cultural de Sauer y su morfología del paisaje (1925), desarrollada en España, entre otros, por Martínez de Pisón (2017). Se establece un método exploratorio de carácter mixto, a partir del diseño, validación e implementación de un cuestionario en el que han participado como muestra 102 habitantes (N=102) del municipio de Mula (Región de Murcia), para indagar en la percepción existente sobre el espacio de huerta y el patrimonio hidráulico asociado.

Se trata de una propuesta para recoger información de la representación social existente sobre un hecho, situación o, como en este caso, respecto de la valoración de la ciudadanía en torno a un lugar cotidiano en el ámbito mediterráneo como son las huertas tradicionales, junto a su patrimonio hidráulico. En este caso, la investigación de las representaciones sociales puede aportar información relevante sobre cómo la colectividad o parte de ella interpreta la huerta tradicional y su ámbito cultural. A través de estas representaciones, se pueden evidenciar las distintas realidades concebidas por las personas, que van a estar mediatizadas por sus relaciones con el entorno, con la familia y con su círculo social. Los datos aportados en este tipo de estudios pueden contribuir a fijar un punto de partida a través del cual proyectar y tomar decisiones para la protección y puesta en valor de estos paisajes tradicionales del agua.

2. Marco teórico

El patrimonio presenta diferentes acepciones y puntos de vista. Troncoso y Almirón (2005) identifican varias posturas en el estado de la cuestión. Una centrada en el patrimonio como legado que se transmite de generación en generación, donde este es sustituto de la identidad y la cultura. Esta posición viene a mostrar la conexión existente entre el pasado y el presente, donde la sociedad actual es concebida como mera receptora del legado histórico. Otra visión identificada es aquella que se centra en la relación pasado-presente; es decir, es en el momento actual donde se crea y se otorga un valor cultural a los hechos y elementos del pasado y que, a su vez, es modificado con el paso del tiempo. Por tanto, el concepto de patrimonio estará en constante reconceptualización. Una tercera vía otorga al presente el tiempo en el que se construye el significado del patrimonio, donde la sociedad actual es la que se identifica y otorga unos valores culturales a los hechos del pasado, y que son seleccionados para trasladarlos a las generaciones venideras. En este contexto, entran en juego los intereses y la ideología por la cual, una sociedad (y, por tanto, los poderes políticos) se identifica con determinados valores, que se van a erigir en futuros referentes patrimoniales, lo que puede considerarse como una ilusión narcisista (Choay, 2001). En este sentido, el patrimonio se va construyendo con el tiempo, “en los cuales intervienen distintos actores sociales cuyas acciones pujantes coadyuvan en la definición e institución del patrimonio como tal” (Sudén, 2022, 438). Un proceso cultural de negociación de la identidad, la memoria y el sentido de pertenencia al lugar (Smith, 2001).

Bajo esta última consideración, la concepción del patrimonio tendrá un marcado carácter de la cultura y el poder hegemónico, lo que puede repercutir en el olvido o el silencio de otros patrimonios no considerados. Una situación que tradicionalmente ha ocurrido con el paisaje en general y con determinados tipos de paisaje en particular. Así, el Convenio Europeo de Florencia (2000) viene a considerar el paisaje como un patrimonio común cultural y natural y como fundamento de su identidad. A su vez, el Plan Nacional de Paisaje Cultural de España (Consejo de Patrimonio Histórico, 2012), destaca aspectos como la interacción entre las personas y su entorno, así como la percepción y valoración que la población presenta sobre ese espacio. Además, se resaltan sus cualidades dinámicas y cambiantes a lo largo del tiempo, así como la complejidad de su lectura e interpretación. Definición que presenta como antecedente el Convenio de Patrimonio Mundial de la UNESCO de 1992, y que sirvió de primera herramienta para reconocer y proteger los paisajes culturales.

Las huertas tradicionales, como paisaje construido, conforman un espacio cultural, que evidencia la adaptación del ser humano a un lugar determinado, donde se puede observar el manejo histórico e integral del uso del agua y donde las necesidades han ido variando a largo del tiempo. En su configuración sobresale el esfuerzo por la gestión de los recursos hídricos, por medio de magníficos sistemas hidráulicos, que evidencian una rica y secular cultura hidráulica del mundo mediterráneo (Gómez y Hervás, 2012). Constituye, por tanto, un paisaje patrimonial compuesto por un conjunto de recursos, heredados del pasado, con el que las comunidades locales se identifican a través de manifestaciones culturales, tradiciones o formas de hacer (Consejo de Europa, 2005). Así, paisaje y patrimonio comprenden aspectos íntegramente relacionados en la actualidad, ya que el primero es considerado como un patrimonio común a conservar y proteger por la sociedad; una concepción mostrada en el Convenio Europeo del Paisaje (2000), así como en la Carta del Paisaje de las Américas (2018).

La atención de investigadoras e investigadores sobre el análisis geográfico de este tipo de espacios es amplia, tanto en España como en otros contextos mundiales. Autores como Zaina, Branduini y Fereshteh-Zavvari (2022) analizan el interés patrimonial de sistemas hidráulicos históricos al noroeste de Irán, donde la captación de agua se viene produciendo por un conjunto de antiguas galerías drenantes. Los regadíos en torno a oasis del norte de África, como en Marruecos, son implementados gracias a la utilización ancestral de sistemas de khetaras, como en el oasis de Tafilalet (Beraaouz, Abioui, Hssaisoune y Martínez-Frías, 2022). Ejemplos de que el patrimonio hidráulico y la cultura del agua son un hecho presente en la cuenca mediterránea (Gómez y Hervás, 2012).

En el contexto peninsular español se pueden destacar numerosos estudios geográficos en el que se presta atención a las huertas tradicionales y su patrimonio hidráulico asociado, como el realizado sobre la huerta de Cabra en Córdoba (Valle, 2013), donde se pone de manifiesto una desarticulación de los valores tradicionales y la ruptura de un paisaje debido a la transformación de los usos tradicionales. Por su parte, desde el grupo de investigación ESTEPA, de la Universidad de Valencia, se han realizado diversas investigaciones sobre los regadíos y el patrimonio hidráulico de parte de la cuenca del río Júcar (Hermosilla, Antequera, Mayordomo y Jiménez, 2018), en las huertas del interior valenciano, como en Cortes de Pallás (Hermosilla, Antequera e Iranzo, 2020) o en el entorno del río Turia (Hermosilla, 2007), entre otros.

Canales y Ruíz (2011) evidencian la degradación de la huerta del Bajo Segura, a partir de un cambio de uso en los suelos tradicionales, en favor de actividades terciarizadas y de carácter urbano. Para contrarrestar este proceso, los autores apostaron por la protección del patrimonio cultural y etnográfico de este territorio a través de un plan director del patrimonio huertano. Por su parte, García-Mayor (2017) analizó los elementos geográficos estructurales de la Vega Baja del Segura, mediante un estudio diacrónico, con intención de observar la evolución de la red de riego-avenamiento, la red de caminos, los asentamientos y los cultivos. Sobre este mismo espacio, Canales y Ponce (2016) expusieron las características de la red de conducción y avenamiento de la huerta del Segura, entre las ciudades de Murcia y Orihuela, como parte de la monumentalidad del edificio hidráulico de la huerta segureña (Canales y Ponce, 2019).

En la Región de Murcia, diversas investigaciones analizan las características de las huertas tradicionales, su evolución y procesos de modernización de sistemas de riego (Gómez, López y Montaner, 2011), y el patrimonio hidráulico asociado (Ortín, 2015; Gómez y Gil, 2014). Un aspecto fundamental en un territorio sediento como el cuadrante sureste es el uso y aprovechamiento del agua, que ha servido para la configuración de huertas y vegas. Algunos estudios de caso se han realizado sobre la Fuente del Ojo en Cieza (Martínez y Gómez, 2013) o en Mula (López, 2013). Por su parte, Gómez y Gil (2014) analizaron las características de los ingenios desarrollados en la Vega Alta del Segura para la consolidación y ampliación de los regadíos tradicionales. Mientras, Gil (2014) expuso las singularidades culturales de los paisajes de este mismo sector del Segura, debido al valor patrimonial adquirido por los regadíos tradicionales.

En cambio, no son tan abundantes los estudios donde se haya intentado medir la percepción que la población local tiene sobre el patrimonio cultural en general y, sobre el patrimonio hidráulico en particular, en el ámbito específico del cuadrante sureste peninsular. El concepto de representación social surgió a mediados del siglo XIX en el ámbito de la psicología, y será desarrollado posteriormente por Sergei Moscovici, a partir de la teoría construida por Durkheim sobre la representación colectiva. Siguiendo a Moscovici (1979), Villarroel (2007) considera que

la representación social es una reconstrucción del conocimiento común, en el que intervienen el desarrollo cognoscitivo, simbólico y cultural en el que se mueven y crecen las personas. Para Jodelet (1984), discípula de Moscovici, las representaciones sociales se presentan bajo formas muy variadas (la que muestra la opinión o percepción de cada persona) pero su análisis permite dar una interpretación de lo que concebimos o sentimos sobre un aspecto concreto. Para esta psicóloga francesa, el concepto de representación social se identifica con el conocimiento espontáneo e ingenuo, denominado habitualmente como conocimiento común y es complementario al pensamiento científico. Sin embargo, y a la sazón de la interpretación integral tanto del paisaje como del patrimonio, se trata de un aspecto crucial para la evaluación, conservación y salvaguarda de los paisajes culturales relacionados con las construcciones y tradiciones de carácter hidráulico. En este contexto, cabe destacar investigaciones realizadas por Mayordomo, Antequera y Hermosilla (2018) sobre las presas de derivación del río Júcar, donde en su propuesta metodológica, además de realizar una evaluación técnica, se incluyó la valoración realizada por un panel de expertos. Esta misma metodología fue aplicada por Mayordomo y Hermosilla (2019 y 2020) para evaluar el patrimonio cultural, tanto de la Huerta de Valencia, como en la huerta tradicional de Cortes de Pallás. Sobre el territorio del Bajo Segura, Canales y Ponce (2016) indagaron directamente en la percepción de la población local sobre la huerta, con la realización de 804 entrevistas a agricultores-regantes. Por último, cabe destacar la opinión que se tomó a los agricultores en el estudio sobre la modernización de los regadíos tradicionales de Mula (Gómez, Gil y García, 2006).

Por tanto, observamos que es necesario indagar en la representación patrimonial de la huerta, siempre que el patrimonio sea “entendido útilmente como una representación subjetiva, en la que identificamos los valores, la memoria y los significados culturales y sociales que nos ayudan a dar sentido al presente, a nuestras identidades, y nos dan una sensación de lugar físico y social” (Smith, 2001, 45).

3. Área de estudio

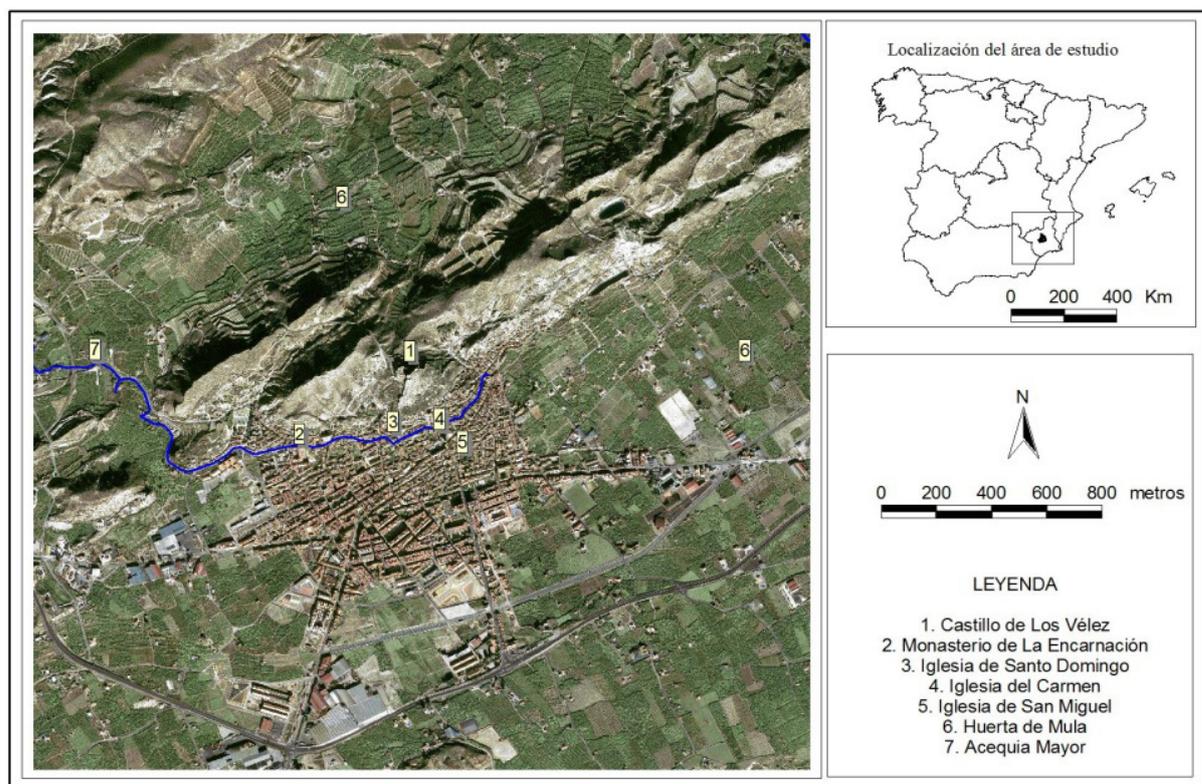
Mula y su huerta se localizan en el centro geográfico de la Región de Murcia, cercada al N, O y S por los relieves de Ricote, Cambrón, Lavia y Espuña respectivamente, que superan los 1.000 metros de altitud. Todo parece indicar que, tanto la villa como su huerta, empezaron a configurarse a partir de los siglos X-XI (González y Llamas, 1991), aprovechando el interfluvio de los ríos Mula y Pliego. En este caso, las aguas permanentes del primero sirvieron para que los pobladores musulmanes construyesen la primitiva Acequia Mayor, que serviría para poner en riego los primeros cultivos de este territorio.

En la huerta actual se pueden diferenciar varios sectores, delimitados por elevaciones y cabezos que se sitúan a una altitud de 400-450 metros sobre el nivel del mar; sectores de regadío que se fueron consolidando conforme al desarrollo del sistema de riego vertebrado por la Acequia Mayor y el conjunto de acequias menores y numerosos brazales, encargados de llevar el agua al pie de las parcelas de cultivo. Sobre uno de estos cerros, se levantó la fortaleza de Los Vélez en el siglo XVI –que vino a sustituir una alcazaba de época árabe– y al pie, ya consolidado el caserío de la villa, fue ampliándose hacia mediodía. Actualmente, sobresale el conjunto histórico-artístico, con calles abigarradas y en el que destacan las iglesias de El Carmen, Santo Domingo, San Miguel y el Monasterio de La Encarnación; un conjunto monumental de época medieval, que contaba con un cerramiento de muralla, hoy casi totalmente desaparecido. Si bien el caserío antiguo se asentaba

al pie del cerro, durante el siglo XX se produjeron sucesivas ampliaciones a través de la irremediable ocupación de los suelos agrícolas, hasta alcanzar su situación actual (Figura 1).

Fue a finales de esta centuria y sobre todo a comienzos del siglo XXI cuando se produjo un crecimiento periurbano que, en ciertos sectores, muestra una elevada colmatación urbanística, provocando una degradación paisajística evidente. En esta situación influyen numerosos cambios sociales y económicos, similares a los de otros territorios, como por ejemplo que hoy la mayor parte de los propietarios de las parcelas tienen su ocupación principal en otro sector diferente a la agricultura, por lo que las tareas en la huerta son a tiempo parcial, gracias, entre otros, a la ayuda del sistema de riego modernizado.

Figura 1. Localización del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

4. Metodología

4.1. Objetivos e hipótesis de partida

El objetivo principal de la investigación es analizar la percepción sobre el valor cultural de la huerta de Mula y su patrimonio hidráulico asociado, dentro del conjunto de bienes culturales existentes en este territorio y según las ciudadanas y ciudadanos de Mula, municipio situado en el interior de la Región de Murcia.

Para ello se ha diseñado un instrumento, como es un cuestionario mixto y semiestructurado, para poder estudiar la percepción de la sociedad local sobre este espacio huertano dentro del patrimo-

nio cultural inherente que presenta el territorio municipal (de tipo arqueológico, arquitectónico, religioso, museográfico, natural, etc.).

La hipótesis de partida es que, de todo el elenco patrimonial presente en el territorio, la huerta y su sistema hidráulico es percibido con menor valor cultural que el resto del conjunto e, incluso, puede inferirse sin ningún tipo de patrimonialización ni asignación de valores (Silva y Fernández, 2017). Esto puede ser debido a diferentes factores como el progresivo abandono de las infraestructuras hidráulicas tradicionales, el cambio de uso tradicional de la huerta, el proceso de modernización de regadíos, el olvido de antiguas instalaciones fabriles como molinos, batanes o almazaras y, sobre todo, un mayor protagonismo de bienes culturales inmuebles como el Castillo de Los Vélez o festividades tradicionales con elevado valor identitario para la ciudadanía. A ello se suma el ser un espacio de vida, utilizado cotidianamente como lugar de producción y de ocio, ocupado por segundas residencias, pero no percibido como un paisaje cultural construido a lo largo del tiempo, con elementos históricos singulares a los que no se le han atribuido valores que requieran su protección y conservación.

4.2. *Diseño de la investigación*

El método de investigación diseñado para analizar la percepción social sobre la huerta y su patrimonio hidráulico asociado es de tipo descriptivo y exploratorio, con la finalidad de recabar datos cualitativos y cuantitativos. Como instrumento de recogida de datos, se elaboró un cuestionario con el que poder tomar la opinión y percepción de los sujetos analizados. Las encuestas objeto de análisis fueron (N=102), realizadas a lo largo del año 2022. Se ha de tener en cuenta que Mula, como entidad de población, tenía para el año un total de 14 789 habitantes, aunque de ellos hay se descartó a 2445 personas, separadas del muestreo por ser menores de 15 años. De este modo, estadísticamente, el tamaño de población de la muestra ofrece un nivel de confianza del 95% y un margen de error inferior al 10%.

El diseño metodológico de la investigación se apoya en estudios anteriores, como el de Hermosilla y Mayordomo (2017), Mayordomo y Hermosilla (2019) y Canales y Ponce (2016), aunque adaptado a las características del territorio, al objetivo planteado y la población objeto de estudio. Además, coincide con enfoques señalados en trabajos relevantes como el *Atlas de los Paisajes Agrarios de España* (Molinero *et al.*, 2013; Molinero *et al.*, 2014), donde se refleja el interés de las representaciones sociales para los estudios actuales de paisaje.

La encuesta fue previamente validada por un grupo de expertos, quienes aportaron ideas y sugerencias de modificación de algunas cuestiones relacionadas con las variables sociodemográficas o la eliminación de algunos ítems, que podrían afectar a la triangulación de los datos. Se ha de tener en cuenta que el propósito de este instrumento, así como del conjunto de la investigación, reside en graduar la percepción del paisaje y el patrimonio hidráulico dentro del conjunto del patrimonio cultural del espacio local.

El instrumento final, además de la solicitud de los datos sociodemográficos (ítems 1-4), presentaba un segundo bloque con preguntas de tipo cualitativo y semi-estructuradas, donde se solicita una definición concreta sobre patrimonio cultural, una valoración descriptiva de por qué es importante el patrimonio cultural, la identificación de un elemento patrimonial como el más representativo del entorno y el motivo de su elección, a elegir entre diferentes opciones (5-9).

El tercer bloque de preguntas es de tipo cuantitativo (ítems 10-30). Se pedía la valoración de determinados elementos patrimoniales, tanto materiales como inmateriales (de tipo arquitectónico, religioso, paisajístico, museográfico, hidráulico, natural) a través de una escala Likert, donde 1 representa estar nada de acuerdo, 2 poco de acuerdo, 3 ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 bastante de acuerdo y 5 muy de acuerdo. Respecto al análisis de fiabilidad de este bloque, este se obtuvo a partir del alfa de Cronbach, realizado con el programa de tratamiento estadístico *Jamovi Project*, que ofreció un valor de ,928, a partir de la valoración de 19 ítems de tipo cuantitativo. Este coeficiente muestra la consistencia y fiabilidad interna del cuestionario, con resultado más satisfactorio cuanto más cercano a 1. En este caso, como se observa, se ha obtenido una consistencia excelente.

El muestreo de población ha sido de tipo aleatorio, si bien se estableció un criterio de selección para que estuviesen representados distintos colectivos (agricultores-regantes, estudiantes, ciudadanos al azar a los que se le solicitó su participación, trabajadores y funcionarios públicos). Para el rango de estudiantes, se acudió a un instituto donde participaron 4 grupos-clase de los niveles de Educación Secundaria y Bachillerato. Del grupo de agricultores, las encuestas se realizaron en la sede de la comunidad de regantes, donde se procedió a la recogida de datos de forma aleatoria, así como a los administrativos y técnicos de la propia comunidad. También se utilizó el correo institucional del consistorio local para enviar el cuestionario para que lo realizaran de forma online sus funcionarios y trabajadores. Por último, la encuesta se envió a través de grupos de mensajería telefónica, en el que participaron personas con distinta edad, ocupación y formación académica de la localidad.

5. Resultados

En cuanto a los aspectos socio-demográficos, de las personas participantes, 44 son mujeres y 58 varones, con edades comprendidas entre los 16 y 74 años. 88 personas son residentes en Mula, mientras que el resto hasta 102 tiene su lugar de residencia en otro lugar de la Región de Murcia. Respecto a su formación académica, cabe destacar que 10 personas presentan una formación básica de estudios obligatorios, mientras que 46 están cursando la educación secundaria o de bachillerato en el momento de realizar la investigación (año 2022). 4 encuestados señalan haber realizado estudios de formación profesional mientras que 9 están cursando, o han terminado, licenciatura o grados universitarios. Por último, cabe destacar que 25 personas se engloban en el grupo de ciudadanos, 46 como estudiantes, 22 como trabajadores del consistorio local y 9 como agricultores-regantes.

Respecto a lo que los participantes entienden por patrimonio cultural (ítem 5), cabe destacar una visión amplia del concepto, al reflejar los aspectos tanto materiales como inmateriales en su definición, además de representar una memoria colectiva e identitaria. No obstante, se detecta que 42 participantes han acudido a definiciones en la red, ya que exponen la misma definición: “Son los bienes materiales e inmateriales, donde se plasma nuestra memoria e identidad, relacionada con la tradición y con nuestras expresiones culturales”. Y lo mismo puede reflejarse de la definición “Son los restos del pasado producidos por las sociedades, que han de ser protegidos y conservados para que puedan disfrutarlos las siguientes generaciones”, manifestada por 6 participantes. También se ha detectado esta cuestión en los mismos participantes en la siguiente cuestión (ítem 6), donde se solicita una definición de por qué considera que es importante el patrimonio.

El resto de las definiciones del ítem 5 presenta un carácter más representativo. En estas definiciones, el concepto se relaciona con espacios y lugares, así como construcciones y antiguos edificios que forman parte de los pueblos (en 11 ocasiones), ciudades (7) o del país (5).

E-55: “Conjunto de bienes que forman el pueblo”

E-57: “Edificios y otros monumentos de la ciudad”

E-63: “Lugares o monumentos históricos de un país”

Varias definiciones no solo contemplan los hechos materiales, sino que identifican el patrimonio cultural con las fiestas, costumbres y tradiciones. Además, reflejan la correlación entre el presente y el futuro de cara al disfrute de las próximas generaciones.

E-59: “Tradición que pasa de generación en generación”

E-81: “Todo lo que tiene un lugar respecto a la cultura, la comida, monumentos, fiestas”

No obstante, lo más habitual son definiciones sencillas, haciendo relación a aspectos monumentales, arquitectónicos e históricos, evidenciando una visión tradicional del patrimonio:

E-78: “Algo que tiene mucho tiempo y se conserva”

E-87: “Lo entiendo como todos los monumentos que una ciudad o pueblo tienen”

E-102: “Los monumentos, las estatuas, etc.”

En estas definiciones no se reflejan aspectos singulares como el paisaje, el reconocimiento de hechos naturales como patrimonio o elementos propios como los bienes hidráulicos.

Cuando se solicita valorar la importancia del patrimonio cultural (ítem 6), el motivo principal es el de dar información sobre las formas de vida de nuestros antepasados, para que estas sean transmitidas a las generaciones futuras. Se da un predominio de otorgar un valor significativo al patrimonio como medio para conocer el pasado, para conservar las fiestas y las tradiciones, y la historia de los pueblos. Por su parte, es significativo que solo en 2 ocasiones, el interés del patrimonio responda a su valor turístico.

E-84: “Para los turistas, hace más llamativo al pueblo”

E-94: “Para enriquecer a la localidad y atraer turismo”

En cualquier caso, cuando se les pregunta por el entorno local (pregunta 7), por qué elemento es el que mejor identifica al municipio de Mula como símbolo patrimonial, los resultados son los que se ofrecen en la Tabla 1, donde se diferencia entre patrimonio material e inmaterial.

Como se puede observar, el Castillo de Los Vélez es el bien cultural que más veces se refleja, por encima de la tamborada de Semana Santa. De hecho, son los dos elementos culturales más representativos del municipio; el primero al ser la construcción más señera del paisaje en una visión del conjunto del territorio. El segundo, al configurar la fiesta tradicional que mayor arraigo tiene para la población local y, a su vez, el periodo de mayor atractivo turístico para numerosos visitantes.

Tabla 1. Elementos patrimoniales que mejor identifican al municipio de Mula

Patrimonio material	Patrimonio inmaterial
Castillo de Los Vélez: 56	Tamborada Semana Santa: 31
El Niño de Mula: 2	Festividad San Isidro: 1
Yacimiento Villaricos: 1	Agua: 1
Archivo Municipal: 1	
Sus iglesias: 1	
Museo El Cigarralejo: 1	
Monasterio La Encarnación: 1	
Red de acequias: 1	
Huerta: 1	

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, y como era de esperar, se observa el escaso valor como referente otorgado al paisaje de la huerta en su conjunto, así como al agua o la red de acequias, que solo son identificadas en dos ocasiones.,.

El ítem 8 solicita que se señale por qué se ha identificado el elemento de la pregunta anterior como el más significativo, cuyos resultados son expresados en la Tabla 2:

Tabla 2. Motivos por los que se destacan los bienes patrimoniales

Importancia cultural	Frecuencia	B.P.
Por su antigüedad	30	C y T
Por la calidad de su construcción	7	C
Por los valores que representa para la sociedad	19	C, T, M,
Por la festividad que supone	15	T
Por su belleza	11	C y T
Por la importancia económica y turística	7	T y C
Por su valor natural	4	A y H

* B.P. Bien Patrimonial. C: Castillo. T: Tamborada. M: Museos. A: Agua. H: Huerta

Fuente: Elaboración propia

La consideración de lo antiguo, junto a los valores que presenta el elemento patrimonial, se evidencian como los hitos más destacados, relacionados de igual modo con los dos principales aspectos culturales, el castillo y la tamborada. La fiesta y tradición está directamente relacionada con el tambor, mientras que los aspectos constructivos y la belleza asociada son valores que reflejan un interés intermedio. Sin embargo, el agua y la huerta se destacan por su valor natural, de lo cual se puede inferir una escasa consideración cultural. Los ítems 10 al 30 son los que solicitan una valoración cuantitativa sobre diferentes elementos del patrimonio local, estructurados en cuatro grupos: patrimonio cultural de carácter general (donde se incluyen construcciones de tipo arquitectónico, yacimientos de tipo arqueológico, edificios religiosos y museográficos); patrimonio relacionado con el agua (de tipo arquitectónico, paisaje construido, de carácter material e inmaterial), patrimonio de tipo natural, y patrimonio inmaterial. Del conjunto, y en relación con el valor medio otorgado a los cuatro grupos, destacan los siguientes resultados (Tabla 3):

Tabla 3. Valor promedio según el tipo de patrimonio cultural identificado

	Patrimonio material*	Patrimonio inmaterial*	Patrimonio natural*	Patrimonio hidráulico*
Escala, de 1 a 5	4,09	4,18	3,89	3,67

*Patrimonio Material: Ermita del Niño, Castillo de Los Vélez, Yacimiento arqueológico de Villaricos, Calle del Caño, Ermitas del Carmen y San Miguel, Museos del Cigarralejo y Casa Pintada; P. Inmaterial: La noche de los tambores, Imágenes de semana santa; P. Natural: Sierra Espuña, Fuente Caputa, Río Mula; P. Hidráulico: Red de acequias y partidores, Baños de Mula, Azud de El Gallardo, Casa Heredamiento de Aguas, Huerta y Molino harinero.

Fuente: Elaboración propia

Se puede inferir que la media menos representativa es la relacionada con el patrimonio hidráulico, seguida del patrimonio natural. En cambio, el valor medio más elevado lo ofrece el patrimonio inmaterial, sobre todo por la influencia de la fiesta y toque del tambor de Semana Santa, a pesar de la menor consideración de las imágenes que procesionan durante la conmemoración cristiana de la pasión de Cristo (4,63 y 3,73% respectivamente).

Del patrimonio cultural cabe destacar la influencia, ya reflejada, que tiene el Castillo de Los Vélez en el imaginario local (4,73%). Esta construcción del siglo XVI es considerada mayoritariamente, y en su grado más elevado, como el elemento patrimonial más representativo del municipio. No obstante, la valoración del conjunto del patrimonio material es algo inferior (4,09) puesto que otras construcciones e inmuebles han recibido menor consideración.

En cuanto al patrimonio natural, que no llega al 4 de valoración media, el elemento más destacado es la sierra de Espuña (4,31) –parque regional, cuyo territorio es compartido con los municipios de Alhama de Murcia, Totana, Aledo, Pliego y Librilla–, mientras que elementos singulares, y más cercanos, como el río Mula y Fuente Caputa (3,51 y 3,82 respectivamente) obtienen menor consideración patrimonial.

En cuanto al patrimonio hidráulico, en esta primera aproximación cabe destacar su menor consideración, como ya se ha dicho. Ningún elemento obtiene una media por encima de 4, lo que denotaría valores relacionados con estar bastante y muy de acuerdo en su estima patrimonial, pero no es el caso.

Si se presta atención a los hechos propios que se han preguntado sobre el patrimonio hidráulico y la huerta, se pueden observar aspectos significativos. Los hechos por los que se ha preguntado respecto al paisaje y el patrimonio hidráulico se pueden observar en la Tabla 4. Además del propio paisaje, se ha solicitado una valoración sobre la red de acequias y partidores, el entorno de Los Baños o el Azud de El Gallardo, presa tradicional a través de la que se derivaba el caudal del río para el abastecimiento del regadío. Además, otros hitos de interés han sido la casa del Heredamiento de Aguas, edificio situado en la calle del Caño y donde se realizaba la subasta, y el molino de Felipe, uno de los molinos hidráulicos que funcionaban con el agua de la Acequia Mayor.

En un primer acercamiento, se infiere que ningún elemento alcanza los 4 puntos sobre 5 de valoración media, al contrario de lo que ocurre con muchos bienes culturales materiales o inmateriales del resto del patrimonio cultural, ya descrito. No obstante, es interesante observar el comportamiento de cada aspecto hidráulico, en relación con el resto de variables.

Tabla 4. Valores descriptivos sobre el valor cultural del paisaje y el patrimonio hidráulico

Elementos del patrimonio hidráulico	Media	Mediana	Desviación estándar
Red de acequias y partidores	3,63	4,00	1,39
Baños de Mula	3,90	4,00	1,24
Azud de El Gallardo	3,56	4,00	1,34
Casa del Heredamiento de Aguas	3,62	4,00	1,34
Huerta de Mula	3,94	4,00	1,21
Molino de Felipe	3,41	3,50	1,30

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Valoración patrimonial de la red de acequias y partidores

Red de acequias y partidores	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
1	8	8,0 %	8,0 %
2	15	15,0 %	23,0 %
3	18	18,0 %	41,0 %
4	13	13,0 %	54,0 %
5	38	38,0 %	92,0 %
ns	8	8,0 %	100,0 %

Fuente: Elaboración propia

La red de acequias y partidores (Tabla 5) ofrece una media de 3,63 sobre 5. Del complejo sistema de reparto de la huerta se puede destacar, por un lado, que solo el 51% de participantes está bastante o muy de acuerdo en considerar el sistema de riego tradicional como un elemento patrimonial. Sin embargo, un tercio de la muestra, o bien no sabe si considerarlo o no patrimonio, o no está de acuerdo con que lo sea.

Los Baños de Mula (Tabla 6), una surgencia de aguas termales situada a 3 kilómetros de la ciudad de Mula y sobre la que se edificó un singular balneario que conserva un halo tradicional con casas y piscinas particulares, presenta una media de 3,9. Se trata de un pequeño caserío, surgido en torno al aprovechamiento del manantial, en el que se acomodaron varias dependencias para el baño, y cuyas aguas pasan posteriormente a destinarse a los regadíos tradicionales aguas abajo. De los datos obtenidos, el 42,6% de la muestra, no obstante, está muy de acuerdo en su consideración patrimonial, mientras que casi el 16% está poco o nada de acuerdo.

Tabla 6. Valoración patrimonial del entorno de Los Baños de Mula

Los Baños de Mula	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
1	6	5,9 %	5,9 %
2	10	9,9 %	15,8 %
3	15	14,9 %	30,7 %
4	25	24,8 %	55,4 %
5	43	42,6 %	98,0 %
ns	2	2,0 %	100,0 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Valoración patrimonial del edificio del Heredamiento de Aguas

Casa del Heredamiento de	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
1	10	9,9 %	9,9 %
2	6	5,9 %	15,8 %
3	16	15,8 %	31,7 %
4	23	22,8 %	54,5 %
5	27	26,7 %	81,2 %
ns	19	18,8 %	100,0 %

Fuente: Elaboración propia

El antiguo edificio conocido como la casa del Heredamiento (Tabla 7), situado en la Calle del Caño y donde antiguamente se realizaba el acto del concierto (subasta) del agua, ofrece un 3,62 sobre 5. Se puede destacar, no obstante, que un 16% de los participantes no está de acuerdo y, sobre todo, que 19 participantes (18,8%) no sabe de qué elemento se trata. En conjunto, es significativo que más de un tercio de la muestra no considere esta construcción como parte del patrimonio cultural muleño.

Tabla 8. Valoración patrimonial del azud de El Gallardo

Azud de El Gallardo	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
1	10	9,9 %	9,9 %
2	7	6,9 %	16,8 %
3	18	17,8 %	34,6 %
4	21	20,8 %	55,4 %
5	26	25,7 %	81,1 %
ns	19	18,8 %	100,0 %

Fuente: Elaboración propia

Una reducida consideración patrimonial también se otorga al azud de El Gallardo (Tabla 8), presa de derivación de la que surge la red de riego de la Huerta de Mula. La cifra promedio es de 3,56, pero se ha de destacar que casi un 18% no lo considera como tal y que, sobre todo, el 18,8% manifiesta no saber de qué construcción se trata. Son cifras, por tanto, bastante similares al caso anterior, donde un tercio de la muestra no sabe identificar este inmueble y, por tanto, no se siente capacitado para ofrecer una valoración patrimonial.

Tabla 9. Valoración patrimonial del paisaje de la huerta de Mula

La huerta de Mula	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
1	4	4,0 %	4,0 %
2	10	9,9 %	13,9 %
3	17	16,8 %	30,7 %
4	20	19,8 %	50,5 %
5	43	42,6 %	93,1 %
ns	7	6,9 %	100,0 %

Fuente: Elaboración propia

La percepción sobre si la huerta en su conjunto constituye un bien patrimonial no se observa con claridad (Tabla 9). El valor medio refleja un 3,94%, con un 62,4% que está bastante o muy de acuerdo en su consideración patrimonial. Sin embargo, solo una persona encuestada la ha destacado como el bien cultural con el que se identifique el patrimonio cultural muleño. En cambio, el 21% de las personas encuestadas no conciben que se trate de un bien cultural.

Tabla 10. Valoración patrimonial del molino hidráulico de Felipe

Molino de Felipe	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
1	8	7,9 %	7,9 %
2	16	15,8 %	23,8 %
3	21	20,8 %	44,6 %
4	21	20,8 %	65,3 %
5	24	23,8 %	89,1 %
ns	11	10,9 %	100,0 %

Fuente: Elaboración propia

La actividad molinera (Tabla 10) fue muy importante en el municipio y su impronta ha quedado reflejada en la denominación del callejero, así como en los edificios molineros que, con otra funcionalidad, hoy siguen en pie. Sin embargo, según los encuestados, el molino de Felipe, el edificio molinero más representativo, el último de estas industrias que estuvo en funcionamiento con energía hidráulica y hoy está restaurado como hotel rural, es el elemento con menor media de todos los considerados como patrimonio de carácter hidráulico (3,54). Del total de la muestra, un 26,7%, o no lo considera como bien cultural o no sabe de qué se trata, y solo el 44,6% está bastante o muy de acuerdo en considerarlo como patrimonio cultural.

5.1. El patrimonio hidráulico según el nivel de estudios

Resulta de interés observar la percepción patrimonial de los elementos analizados, en función del nivel de estudios (Tabla 11). A partir de los resultados, como aspecto general y significativo, puede observarse que, a mayor formación académica, mayor es la consideración como patrimonio de las construcciones o paisajes reflejados en la investigación. Por ejemplo, las personas participantes que manifiestan tener estudios básicos no conciben el Azud de El Gallardo o la casa del Heredamiento como parte del patrimonio cultural de la ciudad. Son el grupo que menor percepción muestra respecto a que los bienes hidráulicos formen parte del patrimonio cultural ($\bar{x} = 2,5$).

Tabla 11. Valoración del patrimonio hidráulico según el nivel de estudios

	Nivel de estudios	Azud de El Gallardo	Red de acequias y partidores	Baños de Mula	Casa del Heredamiento de Aguas	Huerta de Mula	Molino de Felipe
Media	Básicos	2,50	3,00	3,00	1,50	3,00	3,00
	Educación secundaria o equivalente	3,07	3,00	3,92	3,00	3,61	3,15
	Formación profesional	3,44	4,11	3,78	3,44	4,11	3,33
	Bachillerato	3,00	3,12	3,35	3,35	3,82	3,15
	Universitarios	4,31	4,41	4,50	4,31	4,28	3,84

	Nivel de estudios	Azud de El Gallardo	Red de acequias y partidores	Baños de Mula	Casa del Heredamiento de Aguas	Huerta de Mula	Molino de Felipe
Mediana	Básicos	2,50	3,00	3,00	1,50	3,00	3,00
	Educación secundaria o equivalente	3,00	2,50	4,00	3,00	3,00	3,00
	Formación profesional	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00
	Bachillerato	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00
	Universitarios	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00
Desviación estándar	Básicos	2,12	2,83	1,41	0,707	2,83	2,83
	Educación secundaria o equivalente	1,62	1,59	1,22	1,37	1,31	1,50
	Formación profesional	1,13	0,928	0,972	1,51	0,782	1,22
	Bachillerato	1,35	1,24	1,47	1,37	1,25	1,20
	Universitarios	0,821	0,946	0,762	0,896	1,05	1,14

Fuente: Elaboración propia

El grupo compuesto por Bachillerato y Educación Secundaria engloba los participantes en la investigación que están en estas etapas educativas y, por tanto, desarrollando estos estudios en la actualidad. A ellos corresponde un promedio de $\bar{x}=3$ sobre 5, pero destacan por la elevada desviación respecto de los valores medios en casi todos los casos; es decir, no hay homogeneidad en sus valoraciones y sí una diversidad en su percepción. No obstante, el conjunto de estudiantes se sitúa en un rango intermedio, entre aquellos que presentan una menor consideración del patrimonio hidráulico como bienes culturales (las personas que manifiestan tener estudios básicos) y los que muestran mayor consideración (los que han cursado formación profesional y, sobre todo, estudios universitarios).

Como se señalaba, las personas con estudios superiores son los que mayor consideración patrimonial muestran a los elementos hidráulicos y al conjunto de la huerta ($\bar{x}=4,27$). En todos los aspectos preguntados, este grupo lidera la consideración del patrimonio cultural para los recursos hidráulicos solicitados, así como del paisaje de huerta. Además, es el grupo que mayor homogeneidad presenta de la muestra al observar la desviación ($s=0,935$)

5.2. El patrimonio hidráulico según la ocupación o actividad laboral

De igual modo, otra relación de interés para la investigación está determinada por la percepción patrimonial según la actividad laboral o dedicación principal que presentan las personas participantes en el estudio (Tabla 12).

Sobre estas variables, se puede advertir que el grupo de estudiantes son los que menor valor otorgan al patrimonio hidráulico como bienes culturales. En todos los aspectos ofrecidos, son los que menor promedio obtiene ($\bar{x}=3,071$), si bien destacan los casos del Azud del Gallardo y la red de acequias y partidores que están por debajo del valor 3. En este sentido, también sobresale una cuestión señalada anteriormente, como el elevado número de manifestaciones de no conocer –ns– el hecho que se les propone (19 de 46 en el Azud de El Gallardo, 8 en la red de acequias

y partidores, 19 para el edificio del antiguo Heredamiento, 7 para la huerta en su conjunto y 11 para el antiguo molino harinero).

Tabla 12. Valoración del patrimonio según la ocupación o actividad laboral

	Colectivos	Azud de El Gallardo	Red de acequias y partidores	Baños de Mula	Casa del Heredamiento de Aguas	Huerta de Mula	Molino de Felipe
Media	Regante	4,38	4,75	3,63	4,38	4,88	3,50
	Ciudadano/a	3,56	3,96	4,32	3,40	4,12	3,60
	Estudiante	2,85	2,73	3,36	3,00	3,46	3,03
	Laboral Ayto.	4,14	4,36	4,59	4,36	4,23	3,77
Mediana	Regante	4,50	5,00	4,00	4,50	5,00	3,00
	Ciudadano/a	4,00	4,00	5,00	4,00	5,00	4,00
	Estudiante	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00
	Laboral Ayto.	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00
Desviación estándar	Regante	0,744	0,707	1,19	0,744	0,354	1,07
	Ciudadano/a	1,36	1,31	1,03	1,38	1,24	1,29
	Estudiante	1,51	1,26	1,37	1,41	1,17	1,36
	Laboral Ayto.	0,774	0,953	0,590	0,848	1,15	1,19

Fuente: Elaboración propia

Los Baños de Mula, como lugar de interés relacionado con el patrimonio hidráulico del municipio, destaca por su elevada consideración general por todos los grupos, pero principalmente por los participantes reflejados como ciudadanos de participación aleatoria, así como por aquellas y aquellos que forman parte de los funcionarios o trabajadores de la administración local.

Para el ámbito de la huerta de Mula, el grupo que mayor percepción patrimonial presenta es el de los regantes, y resulta ser significativo en los casos concretos de la red tradicional de riego, así como respecto a la concepción del paisaje de la huerta, con las desviaciones estándar más reducidas ($s=0,354$ y $s=0,707$ respectivamente); aspecto que denota la homogeneidad de opiniones. En algunos casos, la situación es pareja con el cuerpo de técnicos y administrativos locales o de ciudadanas y ciudadanos, aunque en todos los casos es significativa la elevada percepción patrimonial de los agricultores sobre el regadío tradicional y la huerta, a pesar de que mayoritariamente, la huerta se riega por riego a goteo, mientras que las infraestructuras tradicionales apenas muestran funcionalidad.

6. Discusión

A nivel general, se puede inferir que, del conjunto del patrimonio cultural del Mula, los bienes culturales de carácter hidráulico son los que menor valoración obtienen. De forma singular, los hitos más importantes y valorados, con los que la sociedad local se identifica, son el Castillo de Los Vélez, seguido de la fiesta tradicional del toque del tambor en Semana Santa.

Respecto a la fortaleza de Los Vélez, era de esperar la alta identificación de la ciudadanía con esta construcción, al ser el elemento arquitectónico más representativo del casco histórico del muni-

cipio. Su degradación, debido al olvido que sufría esta infraestructura a comienzos del siglo XXI, generó hace unos años un movimiento vecinal y la constitución de una plataforma ciudadana “Mula por su castillo”, formada por asociaciones, colectivos y ciudadanos, que llevaron a cabo diversas movilizaciones para proteger y preservar la obra. Además, se instó a las distintas administraciones para que este monumento pasase a titularidad pública, proceso que se está llevando a cabo a través del consistorio local.

En cuanto al interés otorgado al toque del tambor en la Semana Santa muleña, contribuyó significativamente su declaración en 2018 como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad por la UNESCO. Este proceso se produjo junto a otras 22 ciudades españolas, donde desde tiempo inmemorial se realiza esta tradición, principalmente por los valores inmateriales que presentan, como el sentimiento de identidad colectiva, la emoción despertada, el desarrollo de la rica artesanía local, los rituales y preparativos a lo largo del año o la transmisión de generación en generación. Otra manifestación cultural relevante es el bando huertano de San Isidro Labrador, conmemoración religiosa en honor a este santo cristiano relacionado con la huerta y el campo, y que cuenta con mucha devoción en distintos lugares de la geografía española.

Ambas son fiestas locales que, además de constituir una manifestación identitaria de carácter local, generan interés a nivel regional y nacional. Las dos conmemoraciones cuentan con la participación ciudadana; proceso reflejado por Smith (2001) que, durante el análisis de la representación social, identifica el patrimonio como algo activo, que se hace pero no se posee. Como refleja el autor, “el patrimonio es una experiencia. Como representación social y cultural, es algo en lo que las personas se involucran activamente” (p. 60). A esta situación contribuyó, significativamente, tanto la ciudadanía como el poder local, con sus manifestaciones y apropiación de valores identitarios, lo que enfatiza la idea de patrimonio “como resultado de un proceso social de selección y atribución de significados, motivado por necesidades y expectativas contemporáneas” (Troncoso y Almirón, 2005).

Para el conjunto de la muestra analizada, cabe destacar el interés que la comunidad local, independientemente de los grupos sociales y formación académica, muestra sobre el patrimonio cultural, material e inmaterial, presente en su territorio; un aspecto coincidente con otros estudios realizados sobre Cortes de Pallás o la Huerta de Valencia (Mayordomo y Hermosilla, 2019; 2020). En nuestro caso, la percepción sobre el patrimonio local es elevada, si bien sigue prevaleciendo una visión monumental, por un lado, y festiva, por otro.

Respecto a la consideración del patrimonio hidráulico dentro del conjunto cultural local, se infiere que los elementos expuestos en la investigación son los que menor interés representan para la ciudadanía. No obstante, cabe considerar que la percepción varía en función del nivel formativo o de los grupos sociales u ocupación laboral de los participantes en la investigación. De la muestra analizada, es evidente que una elevada formación académica está relacionada con una mejor valoración, del patrimonio cultural en general y del patrimonio hidráulico en particular.

En cambio, las vivencias y la relación directa con la huerta y el agua también evidencian una mayor percepción y valoración, como se pone de manifiesto con el grupo de agricultores-regantes que, si bien han reflejado tener en su mayoría estudios básicos o medios, su valoración sobre el patrimonio hidráulico es la más elevada del conjunto. El trabajo cotidiano de los regantes, sobre todo aquellos de mayor edad, que han visto evolucionar el sistema de riego desde las infraestructuras tradicionales al regadío a demanda, son los que presentan un alto grado de valoración. Coincide este aspecto con el significado que muestran los regantes de la Vega Baja del Segura

(Canales y Ponce, 2016), donde se resalta el vínculo afectivo con la huerta, el carácter productivo, la relación con la calidad de vida, la configuración de un espacio verde y los recuerdos de tiempos pasados como valores identitarios del paisaje huertano.

La conservación, hacer viable y visible los elementos considerados como patrimonio incide en su percepción como bien cultural. Así, en la actualidad el paisaje de huerta es forma, pero también sigue teniendo un carácter funcional; es decir, es un espacio vivido, lugar de producción agrícola, de ocio, de recreo y descanso y no solamente se reduce a un mero elemento o hecho a contemplar. Se puede relacionar, por tanto, que el grupo de agricultores-regantes y aquellas personas que tiene relación con la huerta, presentan una valoración patrimonial positiva. En este sentido, hay una coincidencia con otras investigaciones como la de Bravo (2018) que identificó que la mayor valoración de la ciudadanía local en el caso de las norias hidráulicas –extensible a otros ingenios hidráulicos como los molinos o salinas de interior– estaba determinado por su funcionalidad actual, gracias a la conservación, protección y funcionamiento de las ruedas, lo que determinaba un mayor aprecio de la población local como elementos de distribución de agua y, a la vez, de conformación del paisaje regado.

Esta cuestión pone de relevancia el interés y necesidad de conservar y mantener funcional el patrimonio hidráulico ya que, como en el caso concreto de Abarán (Bravo, 2018), la salvaguarda de las ruedas hidráulicas ha servido para la creación de un itinerario ecoturístico, la ambientalización de los espacios aledaños a las norias para disfrute y esparcimiento de la ciudadanía local y, a su vez, la dinamización del turismo rural interesado por la tradición y singularidad del patrimonio hidráulico. Un ejemplo para seguir por otras comunidades locales, que tienen en su paisaje huertano y su patrimonio hidráulico asociado un valor cultural que, en muchos casos, es poco valorado y cuyo estado de conservación es bastante deficitario o está en estado de ruina, a consecuencia de procesos de modernización de sus regadíos, como es el caso analizado.

La menor consideración, así como el desconocimiento del patrimonio hidráulico, viene reflejada por el grupo social más joven, las personas que están terminando sus estudios obligatorios o en la etapa del bachillerato. A raíz de estos datos, cabe considerar el esfuerzo que desde el ámbito educativo y, sobre todo, desde el resto de grupos sociales han de realizarse para transmitir a las siguientes generaciones el valor del paisaje regado y su patrimonio asociado. Al respecto, los procesos de modernización de regadíos deberían ir acompañados de actuaciones para la conservación y salvaguarda del paisaje históricamente construido. De no ser así, se abandonan antiquísimos sistemas de riego que estructuran el parcelario de las huertas, se arruinan antiguas fábricas que dependían de la fuerza del agua o se pierden las sendas y carriles sin ningún tipo de piedad ni consideración (Mata y Fernández, 2010).

En virtud de estos datos, es necesario seguir formulando acciones que mejoren la capacidad para valorar el potencial del paisaje como patrimonio cultural a nivel social, ciudadano, político o educativo. Como ya señaló Hernández (2009), la población es capaz de reconocer la trascendencia histórica de un monumento o construcción arquitectónica,

En cambio, al contemplar un paisaje, le asignará un valor positivo o negativo según la percepción que éste le proporcione (bonito, agradable, etc.), pero con mayor dificultad será capaz de reconocerle un significado histórico relacionado con su dilatado proceso de configuración. Es necesario, por tanto, sensibilizar a la sociedad, pero también instruirla acerca del valor del paisaje como elemento patrimonial. Ello requiere conocer esos paisajes (génesis, interrelación entre estructuras, etc.) y este proceso, a su vez, facilitará la protección real

del paisaje como elemento ambiental, pero también social, cultural y patrimonial más allá de un mero amparo legal (Hernández, 2009, 181).

Un factor fundamental de este proceso de abandono de los espacios de regadío tradicional responde a las nuevas formas de ocupación y ordenación del territorio, así como del uso y consumo de los recursos por parte de la sociedad actual. De un territorio construido con una finalidad principalmente agraria, que abastecía a las comunidades locales, se ha pasado a un paisaje transformado con nuevos usos, con una atomización de parcelas, donde aparecen multitud de nuevas funciones e infraestructuras, a diferentes niveles, siendo significativos procesos como los de la Huerta de Valencia o Murcia (Andrés-Sarasa, 2011).

En muchos casos, tanto el paisaje configurado como su patrimonio hidráulico se han desatendido por completo, olvidándose en el mejor de los casos y destruyéndose en otros. Los antiguos canales, azarbes, balsas, molinos o partidores, articuladores de la arquitectura parcelaria, se han dejado de utilizar, sustituidos por riegos automatizados, hidrantes, mangueras de pvc o entubamientos, entre otros, deteriorando la calidad ambiental de paisajes milenarios.

En ámbitos más pequeños, como el territorio objeto de estudio, hay sectores con mayor o menor intensidad de crecimientos periurbanos, caracterizados por una progresiva atomización de parcelas, como consecuencia de segregaciones y herencias. Así, las antiguas parcelas donde la casi totalidad de la tierra estaba destinada a la agricultura, acompañadas de alguna barraca o caseta de aperos, han evolucionado hacia propiedades de *huerta-jardín*, donde hoy aparecen barbacoas, piscinas, aparcamientos para vehículos y viviendas de una y dos alturas (López, 2006), con la tierra productiva reducida a espacio decorativo y ornamental. Si antaño las huertas tradicionales eran la despensa de la población local, hoy muchos de los nuevos propietarios practican, a lo sumo, una agricultura a tiempo parcial, cuyos productos son destinados al autoconsumo o se les da salida a través de la cooperativa local. Se trata, pues, de un espacio multifuncional, pero que no recibe la valoración cultural y ambiental que sí pueden tener otro tipo de paisajes.

Ante esta situación, se pone de manifiesto abordar soluciones lógicas, como se han realizado en otros ámbitos de parecidas características, donde la conservación del paisaje y el patrimonio no sea solo una cuestión cultural sino un producto rentable para las comunidades locales con un carácter sostenible. Por un lado, sería necesario que, en función de los estudios técnicos realizados, se lleven a cabo actuaciones de conservación, restauración, puesta en valor y dinamización de los recursos existentes en la huerta. Bravo (2018) ya observó que la mayor valorización de estos bienes culturales estaba determinada por su restauración y recuperación. La dinamización del conocimiento sobre los valores inherentes, materiales e inmateriales, asociados a la huerta es un aspecto crucial, como señalan Mayordomo y Hermosilla (2019) para la Horta de València, o Mata y Fernández (2010) respecto a la Huerta de Murcia. Ante el contexto actual de cambio climático, espacios como la huerta de Mula, a pesar de verse afectada como en otros territorios por procesos de periurbanización y transformación de su utilidad histórica, sigue constituyendo un espacio ambiental, cultural y patrimonial con numerosas ventajas si se conserva y protege. Un espacio que puede ser vivido y disfrutado por la población local, a través de medidas de gestión y ordenación del territorio para hacer sostenible las huertas tradicionales en la situación actual.

El otro aspecto fundamental, y complementario al anterior, reside en el conocimiento y divulgación de los valores que la huerta presenta como construcción cultural, a través de la educación, tanto formal como no formal. Para ello, serían necesarias diversas acciones como talleres, itinerarios o la musealización de espacios, entre otros, donde se realicen actividades formativas y cultu-

rales para dar a conocer las características históricas y geográficas del entorno. Mata y Fernández (2010) propusieron diversas iniciativas para la interpretación del paisaje huertano de Murcia, aprovechando las instalaciones museísticas o los hitos de observación del paisaje –oteros, lugares de interés cultural, etc.– existentes en el propio territorio. Mayordomo y Hermosilla (2019) resaltan la educación como instrumento fundamental para conservar y valorar la huerta de Valencia, a través del diseño de itinerarios didácticos, el aprovechamiento de zonas de huerta para escolares, así como el desarrollo de materiales para los distintos niveles educativos. Sobre la huerta de Alicante, se ha propuesto su utilización como recurso turístico (Morote y Medina, 2015). Por su parte, Castejón y Canales (2016) plantearon la ejecución de un memorial sobre la cultura del agua para poner en valor el patrimonio hidráulico de la Región de Murcia. En el entorno de Mula, el recorrido de su Acequia Mayor ya se sugirió como itinerario ecoambiental, para dar a conocer su patrimonio hidráulico y el carácter cultural de su paisaje (López, 2014).

7. Conclusiones

Considerar la percepción que la ciudadanía tiene sobre el paisaje es indispensable a la hora de plantear medidas para su protección, salvaguarda y puesta en valor. Este ha sido el objetivo principal planteado en esta investigación, mediante la indagación de la representación social que tiene la población local sobre la huerta de Mula y su patrimonio hidráulico, dentro del conjunto de elementos culturales presentes en su territorio.

La hipótesis inicial se ha podido comprobar, concluyéndose que la percepción del valor patrimonial respecto al patrimonio hidráulico y la huerta es inferior al resto de los bienes culturales del municipio. Así, se observa un mayor conocimiento y concienciación sobre hitos históricos de carácter inmueble (como el Castillo de Los Vélez) o inmateriales (la Tamborada de Semana Santa), seguidos de una percepción que podemos considerar intermedia sobre el resto de los aspectos monumentales (iglesias, museos, etc.). Parece, por tanto, necesario establecer medidas que pongan en valor el paisaje cultural configurado por la huerta tradicional de origen morisco y, sobre todo, las infraestructuras hidráulicas que durante siglos han servido para dar forma al paisaje.

Los resultados obtenidos evidencian que el contacto directo con el territorio y una mayor formación cultural son aspectos que mejoran la percepción social de este espacio y los elementos que lo constituyen. No obstante, se observa que se trata de un patrimonio cultural en cierto modo olvidado, por lo que se han de seguir apoyando medidas para su conocimiento y valoración. A pesar de haber sufrido una profunda transformación en las últimas décadas debido a procesos de modernización de regadíos tradicionales, cambios en los usos del suelo o el crecimiento de villas y ciudades rodeadas por espacios de cultivo, la huerta tradicional ofrece un legado cultural, histórico y paisajístico significativo, pero con una menor conciencia que el resto de elementos tradicionales, de índole arquitectónico y festivo.

8. Bibliografía

- Andres-Sarasa, J. L. (2011). *El neopaisaje de la Huerta de Murcia*. Junta de Hacendados de la Huerta de Murcia
- Beraaouz, M., Abioul, M., Hssaisoune, M. and Martínez-Frías, J. (2022). Khetaras in the Tafilalet oasis (Morocco): contribution to the promotion of tourism and sustainable development. *Built Heritage*, 6-24. <https://doi.org/10.1186/s43238-022-00073-x>
- Bravo, J. M. (2018). *Paisaje Rural y Patrimonio Hidráulico, referentes señeros presentes en la cultura rural del valle de Ricote (España) y de la Zona Central de Chile* (Tesis Doctoral). Murcia: Universidad de Murcia.

- Canales, G. y Ponce, M^a. D. (2016). *Pareceres sobre la Huerta del Bajo Segura. El poder de la Identidad y la Cultura en la valoración del Paisaje*. Alicante, Cátedra Arzobispo Loazes. Universidad de Alicante.
- Canales, G. y Ponce, M^a. D. (2019). *Agua y sostenibilidad. La monumentalidad del edificio hidráulico de la huerta del Bajo Segura*. Alicante, Cátedra Arzobispo Loazes. Universidad de Alicante.
- Canales, G. y Ruiz, E. (2011). La huerta del Bajo Segura (Alicante), un patrimonio cultural en peligro. Reflexiones sobre un proyecto museológico integral. *Investigaciones Geográficas*, 54, 205-248. doi: <https://doi.org/10.14198/INGEO2011.54.07>
- Castejón, G. y Canales, G. (2016). El patrimonio hidráulico de la Región de Murcia y la necesidad de su puesta en valor mediante un memorial sobre la cultura del agua. En R. García Marín; F. Alonso Sarría; F. Belmonte Serrato; D. Moreno Muñoz (eds.). *Retos y tendencias de la Geografía Ibérica* (pp. 458-467). Actas del XV Coloquio Ibérico de Geografía. Murcia: Asociación de Geógrafos Españoles.
- Choay, F. (2001). *The Invention of the Historic Monument*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Consejo de Patrimonio Histórico (2012). *Plan Nacional de Paisaje Cultural*. En Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (Gobierno de España). Recuperado de <http://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/dam/jcr:da397288-43a3-4ba4-ad32-7e279d29c953/folleto-leer-plan-paisaje.pdf>
- García-Mayor, C. (2017). Invariantes en la evolución e identidad territorial del paisaje de huerta tradicional de la Vega Baja del Segura: 1929-2010. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 73, 369-388. doi: 10.21138/bage.2422
- Gil, E. (2014). Paisajes culturales de regadío tradicional e histórico en la Vega Alta del Segura. En C. Sanchis-Ibor; G. Palau-Salvador; I. Mangue Alférez; L. P. Martínez-Sanmartín (Eds.) *Irrigation, Society, Landscape. Tribute to Thomas F. Glick*, (pp. 856-867). València, Universitat Politècnica de València. doi: <http://dx.doi.org/10.4995/ISL2014.2014.198>
- Gil, E. y Gómez, J. M^a. (2014). El paisaje de la Huerta de Murcia. La pérdida de un paisaje rural periurbano de escaso valor económico, pero de alto valor patrimonial. En F. Molinero (Coord.), *Atlas de los paisajes agrarios de España* (pp. 512-532). Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 533-542. Recuperado de <https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0691607.pdf>
- Gómez, J. M^a. y Gil, E. (2014). El patrimonio industrial del agua en la Cuenca del Segura. Recursos del Desarrollo Territorial. *VII Congreso Internacional de Ordenación del Territorio*, Madrid, 558-567.
- Gómez, J. M^a. y Hervás, R. M^a. (Coord.) (2012). *Patrimonio hidráulico y cultura del agua en el Mediterráneo*. Murcia: Murcia. Fundación Séneca. Campus Mare Nostrum. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.
- Gómez, J. M^a., López, J. A. y Montaner, M^a. E. (2011). *Modernización de regadíos: sostenibilidad social y económica: la singularidad de los regadíos del Tránsito Tajo-Segura*. Murcia. Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones.
- Gómez, J. M^a., Gil, E. y García, R. (2006). *El antes y después de la modernización de los regadíos. La experiencia de Mula*. Murcia. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia.
- González, J. y Llamas, P. (1991). *El agua en la ciudad de Mula, siglo XVI-XX*. Imprenta La Muleña.
- Hermosilla, J. (2016). Los sistemas de regadíos tradicionales del río Algar-Guadalest (la Marina Baixa, Alicante): patrimonio cultural hidráulico mediterráneo. En J. F. Vera Rebollo, J. Olcina Cantos, M. Hernández Hernández, A. Morales Gil (hom.) (coord.). *Paisaje, cultura territorial y vivencia de la geografía: Libro homenaje al profesor Alfredo Morales Gil*. (pp. 167-212).
- Hermosilla, J. (Dir.) (2007). *El patrimonio hidráulico del Bajo Turia: L'Horta de València*. Valencia. Dirección General de Patrimonio Cultural Valenciano & Departament de Geografia, Universitat de València.
- Hermosilla, J. e Iranzo, E. (2014): Claves geográficas para la interpretación del patrimonio hidráulico mediterráneo. A propósito de los regadíos históricos valencianos. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 66, 49-66. Recuperado de <https://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1779/1695>
- Hermosilla, J., y Mayordomo, S. (2017). *Sistema metodológico de evaluación del patrimonio hidráulico*. Valencia. Tirant Humanidades.
- Hermosilla, J., Antequera, M. e Iranzo, E. (2020). La crisis del modelo tradicional de regadíos del interior valenciano. El caso de Cortes de Pallás: paisajes del agua y patrimonio cultural. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, vol. 66 (2), 351-369. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.622>
- Hermosilla, J., Antequera, M., Mayordomo, S., y Jiménez, S. M. (2018). *Evaluación patrimonial de azudes en la Demarcación Hidrográfica del Júcar*. Valencia. Tirant Humanidades.

- Hernández, M. (2009). El paisaje como seña de identidad territorial: valorización social y factor de desarrollo, ¿utopía o realidad? *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 49, 169–183. Recuperado de <https://www.agegeografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/780/0>
- Iranzo, E. (2014). La Huerta de Valencia. Incertidumbre para un paisaje cultural ancestral. En F. Molinero (Coord.), *Atlas de los paisajes agrarios de España* (pp. 512–532). Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado de <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0691607.pdf>
- Jodelet, D. (1984). La representación social: fenómenos, concepto y teoría. En S. Moscovici (Ed.), *Psicología Social* (pp. 469-494). Barcelona: Paidós.
- López, J. A. (2014). El valor educativo del patrimonio hidráulico: la Acequia Mayor de Mula (Región de Murcia). En M. F. Guzmán. *Patrimonio y Educación. Una propuesta integradora*, (pp. 179-185). Universidad de Granada
- López, J. A. (2013). Aprovechamiento del agua en el municipio de Mula (Región de Murcia). *Papeles de Geografía*, 57-58, 145–160. Recuperado de <https://revistas.um.es/geografia/article/view/191301>
- López, J. A. (2006). La transformación del paisaje en el regadío tradicional de la huerta de mula. *Papeles de Geografía*, 44, 59–72. Recuperado de <https://revistas.um.es/geografia/article/view/43431>
- Martínez de Pisón, E. (2017). El puesto de la cultura en el paisaje. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 84, 37-49. doi: 10.2436/20.3002.01.132
- Martínez de Pisón, E. (1997): El paisaje, patrimonio cultural. *Revista de Occidente*, 194-195, 37-49.
- Martínez, V. M., y Gómez, J. M. (2013). Aprovechamiento integral de la Fuente del Ojo (Cieza-Murcia). *Papeles de Geografía*, 57-58, 161-178. Recuperado de <https://revistas.um.es/geografia/article/view/191311>
- Mata, R., y Fernández, S. (2010). Paisajes y patrimonios culturales del agua. La salvaguarda del valor patrimonial de los regadíos tradicionales. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. XIV (337). Recuperado de <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-337.htm>
- Mata-Olmo, R. y Ferrer-Jiménez, D. (2021). La protección, gestión y mejora del paisaje en España. Estudio comparado. *CIUDAD Y TERRITORIO. ESTUDIOS TERRITORIALES*, LIII (207), 189-214 <https://doi.org/10.37230/CyTET.2021.207.12>
- Mayordomo, S., y Hermosilla, J. (2019). Evaluación del patrimonio cultural: la Huerta de Valencia como recurso territorial. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, 82, 1-57. <https://doi.org/10.21138/bage.2790>
- Mayordomo, S., y Hermosilla, J. (2020). Propuesta de un método de evaluación del patrimonio cultural y su aplicación en Cortes de Pallás (Valencia). *Investigaciones Geográficas*, 73, 211–233. <https://doi.org/10.14198/IN-GEO2020.MMHP>
- Mayordomo, S., Antequera, M., y Hermosilla, J. (2018). Application of a method to assess hydraulic heritage as regards diversion dams in the Júcar River Basin. A decision-making tool. *European Journal of Geography*, 9 (3), 62–79. Recuperado de http://www.eurogeographyjournal.eu/articles/07._Entire%20manuscript_APPLICATION%20OF%20A%20METHOD%20TO%20ASSESS%20HYDRAULIC%20HERITAGE%20AS%20REGARDS%20DIVERSION%20DAMS%20IN%20THE%20J%20C%20RIVER%20BASIN.%20A%20DECISION-MAKING%20TOOL_OK.pdf
- Gobierno de España (2012). *Plan Nacional de Paisaje Cultural*. En Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Recuperado de <http://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/dam/jcr:da397288-43a3-4ba4-ad32-7e279d29c953/folleto-leer-plan-paisaje.pdf>
- Molinero, F., Baraja, E., y Silva, R. (2013). La tipificación de los paisajes agrarios de España: categorías y clases. Una clasificación escalar. En Molinero, F. (Coord.), *Atlas de los Paisajes Agrarios de España* (pp. 8–24). Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado de <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0691606.pdf>
- Molinero, F., Tort, J., Ojeda, F., Ruiz, E., Martínez, E., Silva, R., y Mata, R. (2014). *Las unidades de paisaje agrario de la España mediterránea*. Atlas de los Paisajes Agrarios de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Tomo II.
- Morote, A. F., & Medina, R. E. (2015). La Huerta de Alicante y sus torres de defensa: propuesta de una ruta turística. *Cuadernos de Turismo*, 35, 287–309. <http://dx.doi.org/10.6018/turismo.35.221621>
- Moscovici, S. (1979 [1961]). *El psicoanálisis, su imagen y su público*. Huemul S.A., Buenos Aires.
- Ortín, J. (2015). Paisajes socio-culturales del agua en la Región de Murcia. Agua y entornos físicos y sociales de los regadíos tradicionales regionales. *Revista Murciana de Antropología*, 22, 53–74. Recuperado de <https://revistas.um.es/rmu/article/view/242311>

- Sauer, C. O. (1925). *The morphology of landscape*. University of California press.
- Silva, 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. Retrieved from <https://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/786/709>
- Silva, R. y Fernández, V. (2017). El nuevo paradigma del patrimonio y su consideración con los paisajes: Conceptos, métodos y perspectivas. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 63 (1), 129-151.
- Suden, C. A. (2022). Paisaje cultural patrimonializado: conceptos y aportes sobre la base de tres casos de estudio. Provincia de Mendoza, Argentina. *PASOS Revista De Turismo Y Patrimonio Cultural*, 20 (2), 435–452. <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2022.20.031>
- Troncoso, C. A. y Almirón, A. V. (2005). Turismo y patrimonio. Hacia una relectura de sus relaciones. *Aportes y Transferencias*, 9 (1), 56-74. Recuperado de <https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/296/>
- UNESCO (1972). *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural 1972*. En Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Recuperado de http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=13055&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- UNESCO (2019). *Qué es el patrimonio cultural inmaterial*. En Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Recuperado de <https://ich.unesco.org/es/que-es-el-patrimonio-inmaterial-00003>
- Valle, B. (2013). La Huerta de Cabra, paisaje roto. *Papeles de Geografía*, (57-58), 259–278. Recuperado de <https://revistas.um.es/geografia/article/view/191371>
- Villarroel, G. (2007). Las representaciones sociales: una nueva relación entre el individuo y la sociedad. *Fermentun: Revista venezolana de Sociología y Antropología*, 49, 434-454. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/705/70504911.pdf>
- Zaina, F.; Branduini, P.; Zavvari, F. (2022). Applying ICOMOS-IFLA Principles for the Conservation, Management and Reuse of a Historical Hydraulic System: The No-Ras Qanat in North-Western Iran. *Heritage*, 5, 3165–3187. <https://doi.org/10.3390/heritage5040163>

Agradecimientos

Aquí se especificará, de manera breve, el tipo de aportaciones que ha realizado cada autor durante la investigación y elaboración del trabajo.

Financiación

Aquí se especificarán las ayudas y financiación recibidas para la investigación y publicación del trabajo.

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Diversidad y estabilidad delictiva en una ciudad fronteriza mexicana

Crime diversity and stability in a mexican border city

JUDITH LEY GARCÍA¹  0000-0001-6694-570X

FABIOLA MARIBEL DENEGRI DE DIOS¹  0000-0001-7554-7746

¹ Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Autónoma de Baja California. México.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar la complejidad delictiva urbana tomando como caso de estudio la ciudad fronteriza de Mexicali, capital del estado de Baja California que, de acuerdo con el Índice de Paz en México, por cuatro años consecutivos se ha colocado como el menos pacífico del país. Para tal fin, se calcularon tres indicadores provenientes del análisis económico: el cociente de localización, la ubicuidad y la diversidad delictiva, a partir de los registros de delitos ocurridos en el periodo 2015-2019. Los resultados muestran la existencia de patrones espaciales de diversidad y estabilidad de delitos en algunos distritos de la ciudad caracterizados por delitos altamente ubicuos que se traslapan entre sí, generando zonas con diversidad delictiva que permanecen estables en el tiempo. De esta manera, la inseguridad pública abarca todo el espacio urbano, como resultado de un entorno en el cual prevalecen altos niveles de impunidad y del efecto multiplicador del crimen organizado.

Palabras clave: Crimen; patrón espacial; ubicuidad delictiva; especialización delictiva; México.

Fechas • Dates

Recibido: 2023.02.22
Aceptado: 2023.09.13
Publicado: 2024.05.22

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Judith Ley García
jley@uabc.edu.mx

Abstract

The objective of this work was to analyze the urban crime complexity, taking as a case study the border city of Mexicali, capital of the state of Baja California, which, according to the Peace Index in Mexico, for four consecutive years has been placed as the least pacific. For this purpose, three indicators from economic analysis were used: location quotient, ubiquity and diversity, using the records of crimes that occurred in the period 2015-2019. The results show the existence of spatial patterns of crime diversity and stability in some districts of the city characterized by highly ubiquitous crimes, which overlap each other, generating areas with criminal diversity that remain stable over time. In this way, public insecurity covers the entire urban space, as a result of an environment in which high levels of impunity and the multiplier effect of organized crime prevail.

Keywords: Crime; spatial pattern; criminal ubiquity; criminal specialization; Mexico.

1. Introducción

En México, el tema de la inseguridad pública adquiere cada vez más relevancia, no sólo por los impactos negativos que genera en el bienestar de la sociedad con la amenaza constante a la vida, la integridad, el patrimonio y los bienes de las personas, sino porque en los últimos años se ha intensificado considerablemente. De acuerdo con el Instituto para la Economía y la Paz (IEP, 2022), entre 2015 y 2021, el índice de paz en el país presentó un deterioro de 17.1%, la tasa de homicidios pasó de 15.1 a 26.6 muertes por cada 100 000 habitantes y el narcomenudeo aumentó 139%. Además, en 2021 la violencia tuvo un impacto económico equivalente a 20.8% del Producto Interno Bruto nacional.

La inseguridad pública se presenta de manera diferenciada en el territorio mexicano, donde destaca el estado de Baja California que, en 2021, se ubicó como el estado menos pacífico del país por cuarto año consecutivo (IEP, 2022). El recrudecimiento de la violencia en el estado se atribuye a la disputa entre cárteles, lo que se refleja en el incremento en las tasas de homicidios, de delitos relacionados con el narcomenudeo y de delitos cometidos con arma de fuego (IEP, 2022). Por ende, no es extraño que 76.1% de los habitantes de Baja California señalen que la inseguridad es su principal preocupación (Inegi, 2022).

La fragmentación de los grupos delictivos y su permanencia en los lugares diversifica las formas de inseguridad con el despunte del secuestro, el cobro de “derecho de piso”, el soborno de funcionarios, el “blanqueo” de recursos ilícitos, el contrabando de armas, así como el tráfico de personas y de migrantes (Hurtado y García, 2013). Además de fomentar el surgimiento y la consolidación de pandillas con niveles de operación distintos que, entre otras cosas, intensifican el consumo y la venta de drogas en los territorios bajo su control, promueven la prostitución infantil y juvenil, las lesiones, el acoso, la violencia sexual y familiar, los asaltos y los robos de todo tipo, especialmente de vehículos (González et al., 2016).

En el país, según Pan, Widner y Enomoto (2012), los niveles altos de delincuencia y violencia relacionados con drogas tienen efectos multiplicadores en materia de inseguridad, pues detonan múltiples delitos secundarios como vía para hacerse de fondos y controlar el territorio. Esta situación hace más diversa y compleja la estructura delictiva de los lugares, especialmente de las ciudades fronterizas del estado de Baja California que, además de concentrar gran parte de la población y de las actividades económicas de la entidad, son puntos de cruce de personas y mercancías entre México y Estados Unidos.

En virtud de lo anterior, se plantea como objetivo de este documento analizar la complejidad delictiva urbana a partir de observar la especialización, distribución, diversidad y estabilidad de múltiples delitos en la ciudad fronteriza de Mexicali, Baja California. La selección de esta ciudad responde al hecho de que, además de ser la capital del estado menos pacífico de México, es la cabecera del municipio que por varios años ha ocupado los primeros lugares en la tasa de incidencia delictiva de la entidad.

El análisis de la complejidad delictiva de la ciudad de Mexicali se efectuó a partir de tres indicadores provenientes del estudio de la complejidad económica de países y regiones: el cociente de localización, la ubicuidad y la diversidad. De ellos, el índice de localización ha tenido una mayor aplicación en el análisis espacial delictivo, no obstante, los resultados de este trabajo muestran las bondades de la aplicación conjunta de los tres indicadores para analizar la complejidad delictiva de lugares con altos niveles de inseguridad.

1.1. La dimensión espacio-temporal del crimen

Desde hace siglos el crimen ha sido un tema de interés en el ámbito académico, inicialmente, con el foco puesto en el delito como una entidad jurídica (Abidin, 2005); posteriormente, con estudios centrados en las características del sujeto infractor (Ríos, 2017) y; en las últimas décadas, con la proliferación de teorías sobre la influencia del entorno (físico y social) en el comportamiento delictivo, agrupadas bajo el nombre de criminología ambiental.

En la criminología ambiental se entiende que las actividades rutinarias humanas definen marcos concretos de acción, de tal forma que los delitos no ocurren de manera aleatoria en el tiempo ni en el espacio, sino que conforman patrones específicos (Cohen y Felson, 1979). Además, se asume que el sujeto infractor es un ser racional que decide delinquir en función de sus objetivos, recursos y oportunidades, así como de las posibles consecuencias de sus actos (Trajtenberg y Aloisio, 2009); por lo tanto, las perspectivas que agrupa esta criminología también se conocen como teorías de la oportunidad.

Las teorías de la oportunidad toman como base explicativa la organización espacio-temporal de las actividades humanas y las oportunidades existentes para cometer delitos. Así, desde el enfoque de las actividades rutinarias, Cohen y Felson (1979) señalan que los eventos delictivos de contacto directo son producto de la convergencia en tiempo y espacio de un delincuente motivado con un objetivo adecuado en ausencia de guardianes capaces de prevenirlos.

Por su parte, desde el enfoque del patrón delictivo, Brantingham, Brantingham y Andresen (2017) profundizaron en la geometría del crimen y en su estructura espacial, considerando que los eventos criminales ocurren en lugares concretos, que son elegidos por los sujetos infractores en función de las características que lo hacen un “buen lugar para delinquir”, entre las cuales se encuentran la disponibilidad de objetivos adecuados, así como la existencia de un escenario apropiado para el crimen.

Tal escenario se construye mentalmente a partir de sitios y situaciones involucrados en la movilidad diaria del delincuente y de los demás (Brantingham y Brantingham, 1993), ya que, en los desplazamientos cotidianos, el sujeto “desarrolla un espacio de conciencia individual que consta de sus principales nodos de actividad rutinaria, como el hogar, la escuela, los lugares de trabajo y los lugares de actividades de ocio (es decir, su espacio de actividad)” (van Sleuwen, Ruiters y Steenbeek, 2021:2).

De esta manera, es muy probable que los sujetos encuentren sus objetivos delictivos dentro de su espacio de actividad cotidiana; es decir, en los nodos y rutas que les resultan conocidos o familiares; incluso es frecuente que los infractores reincidan en sitios y objetivos, victimizándolos reiteradamente (van Sleeuwen, Ruiters y Menting, 2018). Dado que la estructura de las actividades cotidianas influye en las oportunidades criminales, los cambios que esta experimente afectarán las tendencias en ciertas clases de crímenes (Cohen y Felson, 1979).

Si bien, cada sujeto puede desarrollar su propio escenario riesgo-crimen, como observan Brantingham y Brantingham (1993), la movilidad en la ciudad responde a un mosaico o arreglo espacial dado, que incluye los lugares concentradores de actividad, la organización vial y los límites físicos. Tales elementos orientan las formas de desplazamiento de los habitantes y, por lo tanto, producen espacios de actividad y escenarios comunes. Por esta razón los autores consideran que cada ciudad posee una estructura espacial particular del crimen que, influida por la organización del espacio urbano, lleva a la existencia de patrones agregados de crimen, a la formación de conglomerados espaciales y a la especialización delictiva de ciertas zonas.

Estas premisas han sido examinadas empíricamente, encontrándose que, al interior de las ciudades, el crimen se concentra en relativamente pocas unidades espaciales o en pequeñas áreas, denominadas puntos calientes o *hot spots*, que suelen permanecer estables en el tiempo, independientemente de que la unidad de análisis sean segmentos de calle, unidades censales, distritos o vecindarios (Andresen y Malleson, 2011; Denegri y Ley, 2021; Vilalta y Muggah, 2014; Weisburd, 2015), y puedan presentarse variaciones según la escala utilizada en el análisis (Andresen y Malleson, 2011; Steenbeeck y Weisburd, 2016) o cambios leves por el contagio espacial de las unidades vecinas o más próximas (Aguayo y Medellín, 2014; Denegri y Ley, 2021).

Este tipo de hallazgos sustenta la ley de concentración del crimen de los lugares (Weisburd, 2015; Braga, Andresen y Lawton, 2017) que ha sido probada, entre otros casos, para: delitos violentos en la ciudad de Omaha, Estados Unidos (Zhang y Petterson, 2007) y de Vancouver, Canadá (Andresen y Malleson, 2011); delitos relacionados con drogas en la ciudad de Regina, Canadá (Wallace, Wisener y Collins, 2006); delitos contra el patrimonio en las ciudades de Albacete (Fernández, Vázquez y Belmonte, 2014) y Murcia, España (Albaladejo-García y Campos-Cotanda, 2017). En México se ha corroborado en delitos como: la violencia contra las mujeres en el espacio público del municipio de Corregidora (Garfías, Parikh y Belur, 2020); el robo de vehículos (Vilalta, 2011) y el robo a transeúntes en la Ciudad de México (Fuentes y Sánchez, 2017); el robo a comercios en Mexicali (Denegri y Ley, 2021); el robo a casa habitación en Ciudad Juárez (Hernández, Maycote y Quezada, 2018); el homicidio en Ciudad Juárez (García, Buch y García, 2019; Vilalta y Muggah, 2014) y en el área metropolitana de Guadalajara (Reyna, González, Vega, Ramos y González, 2020).

No obstante, la evidencia también apunta a que, si bien, algunos tipos de delito comparten un escenario común que los lleva a concentrarse en ciertas zonas y a mantenerse estables en el tiempo, otros son inestables y tienen un patrón disperso en el espacio urbano (Andresen y Malleson, 2011; Fernández et al., 2014; Yue, Zhu, Ye y Guo, 2017). Por esta razón, Andresen y Shanon (2012) consideran inapropiado combinar diferentes tipos de delitos en los análisis basados en áreas o polígonos, siendo más conveniente procesarlos o analizarlos de manera independiente para evitar la invisibilidad de los crímenes de menor frecuencia.

Debido a que la ciudad ofrece diversas oportunidades e inoportunidades para quienes optan por cometer delitos (Kinney, Brantingham, Wunschke, Kirk y Brantingham, 2008), cada delito tiene

un patrón espacial particular, con tendencias a la concentración o a la dispersión. Además, en las coberturas geográficas de los diversos tipos de delito se presentan traslapes, generando patrones agregados del crimen, con la especialización de ciertas áreas en múltiples delitos, como resultado de la superposición de espacios de actividad (Brantingham, 2016) y de las oportunidades diferenciales existentes en el espacio urbano.

Así, se espera que cada zona de la ciudad presente un perfil delictivo que puede permanecer constante o sufrir modificaciones en el tiempo en función de los cambios en las condiciones físicas y sociales que la caracterizan (Schreck, McGloin y Kirk, 2009). Por lo tanto, algunas zonas serán “proclives” o estarán especializadas en ciertos delitos, o bien, agruparán múltiples tipos, constituyéndose en subespacios urbanos *crimípetos* (San Juan, Vergara y Germán, 2005).

2. Área de estudio

La ciudad de Mexicali es relativamente joven (fundada en 1903), se encuentra localizada en el noroeste de México, colindando con el estado de California, Estados Unidos. Por su localización geográfica, históricamente ha representado un punto binacional importante de cruce de personas y mercancías, además de ser receptora permanente de migrantes nacionales e internacionales. Esta situación ha provocado, en ciertos momentos, intensos incrementos en la población y en la superficie urbana, hasta constituirse en un área metropolitana. En 2020, la localidad contaba con 854 186 habitantes (Inegi, 2020a) y el sector manufacturero representaba una de las principales fuentes de empleo, exportaciones y de valor agregado en la economía local (Inegi, 2020b).

Figura 1. Localización de la ciudad de Mexicali, Baja California, México.



Fuente: Elaboración propia.

3. Fuentes y metodología

Se utilizó como fuente de información los registros sobre las denuncias presentadas ante la Fiscalía General del Estado de Baja California (GESI, 2020) de los eventos ocurridos, en el periodo 2015-2019, en la ciudad de Mexicali. Cabe aclarar que, en tal quinquenio, la cifra negra aumentó de 89,8% a 91,3% (Inegi, 2016, 2020c), lo que significa que la base de datos oficial representa una porción reducida de los delitos cometidos, además de que esta cifra varía según el delito en cuestión.

La base de datos original integra información sobre veintitrés tipos de delitos indicando, además de la hora y la fecha, la colonia donde ocurrieron. Así que, el primer paso consistió en clasificar los delitos en los siguientes ocho tipos básicos: homicidios (HOM), lesiones (LES), robo a comercio (RCO), robo a casa habitación (RHA), robo simple (RSS), robo de vehículo (RVE), robo en vía pública (RVI) y otros tipos de robo (ROT). Posteriormente, se realizó la georreferenciación de los delitos por colonia y su agrupamiento en los distritos de planeación propuestos en el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población Mexicali 2025 (XVIII AM, 2007), es decir, sesenta y cuatro unidades espaciales que presentan cierta homogeneidad interna, se encuentran delimitadas por vialidades principales o secundarias y se agrupan en 13 sectores (de A a N, sin incluir la F).

3.1. Indicadores de especialización, diversidad y ubicuidad delictivas

Para analizar la complejidad delictiva de la ciudad de Mexicali se calcularon tres indicadores que han sido utilizados principalmente en el estudio de la complejidad económica de países y regiones: el cociente de localización, la ubicuidad y la diversidad (Castañeda, 2018; Pérez, Salazar y Mendoza, 2019). El primero, trasladado al análisis del crimen por Brangtinhom y Brangtinhom (1997) como cociente de localización del crimen (LQC, por sus siglas en inglés), ha sido utilizado ampliamente en el análisis de la especialización delictiva de los lugares; mientras que los otros dos, aún de escasa aplicación en criminología, fueron utilizados por Rivas, Vélez, Vélez y Díaz (2016) como diversidad delictiva (DD) y ubicuidad delictiva (UD) en el análisis de múltiples delitos.

El LQC propuesto por Brangtinhom y Brangtinhom (1997) es una medida relativa del nivel de especialización que muestra una unidad espacial en determinado delito. Por tanto, como señalan Carcach y Muscat (2000), enfatiza la estructura delictiva del lugar, mejorando la comprensión de los perfiles de delincuencia comunitaria, independientemente de los niveles absolutos de delincuencia que se presenten en las unidades de análisis. Así, su utilización evita la distorsión que genera la simple adición o el manejo de frecuencias observadas en los análisis multicrimen, reportada por Andresen y Shanon (2012).

En este caso, el LQC muestra la proporción que presenta un delito en un distrito de planeación con respecto a la proporción del mismo delito en los sesenta y cuatro distritos que integran la ciudad (ecuación 1). De tal forma que, el LQC igual a uno significa que el distrito y la ciudad tienen una proporción similar del delito en cuestión o que el delito está representado; pero, si el LQC es mayor o menor que uno, se entiende que el delito está sobre o sub representado, respectivamente.

Los valores obtenidos para cada tipo de delito en cada año del período se clasificaron en cero y uno para indicar no especialización ($LQC < 1$) y especialización ($LQC \geq 1$), respectivamente. La

suma de estos valores en los cinco años, permitió observar la prevalencia de la especialización de cada delito en el tiempo.

$$LQC_{in} = \frac{C_{in}/C_{tn}}{\sum_{n=1}^N C_{in}/\sum_{n=1}^N C_{tn}}$$

(Ecuación 1)

Donde: LQC_{in} = cociente de localización del delito i en el distrito n ; C_{in} = total del delito i en el distrito n ; C_{tn} = total de delitos en la ciudad; n = distrito y N = distritos en la ciudad.

Posteriormente, se calcularon los indicadores de DD y UD, tomando como base la propuesta de Rivas et al. (2016) de la siguiente manera: la ubicuidad delictiva o UD, como presencia o cobertura del delito en el espacio urbano, se obtuvo para cada delito y para cada año del período, mediante el cálculo del porcentaje de distritos especializados ($LQC \geq 1$) en cada uno de los delitos analizados.

Por su parte, la riqueza, diversidad delictiva o DD se obtuvo a partir de identificar en cuántos de los ocho tipos de delito se especializó ($LQC \geq 1$) cada distrito de planeación, asignando valores de cero a los no diversos ($DD < 4$) y de uno a los diversos ($DD \geq 4$). La adición de las distintas capas de delitos dio cuenta de la estabilidad en la diversidad delictiva durante el periodo, considerando como estables aquellos distritos que sostuvieron la DD en cuatro o cinco años del quinquenio.

4. Resultados

Durante el período 2015-2019, en los distritos de planeación urbana de la ciudad de Mexicali se registraron 78 985 delitos, con valores máximos en 2015 (25%) y mínimos en 2019 (15%), mostrando una disminución paulatina del número de registros en el periodo (Tabla 1). Este comportamiento se observa en la mayoría de los tipos de delito, como son: lesiones (LES), robo a comercio (RCO), robo a casa habitación (RHA), robo simple (RSS), robo de vehículos (RVE), robo en vía pública (RVI) y otros tipos de robo (ROT); algunos de ellos con la frecuencia más alta o baja en la mitad del periodo (RCO y RSS). Cabe hacer notar que el único delito que aumentó su frecuencia fue el homicidio (HOM), presentando su punto más alto en 2018.

Los delitos con mayor frecuencia en el periodo fueron el robo de vehículos (RVE, 24%) y el robo a casa habitación (RHA, 18%); mientras que los delitos con menor frecuencia fueron los homicidios (HOM, 1%) y otros tipos de robo (ROT, 5%); el resto de los delitos (RCO, LES, RVI y RSS) presentó porcentajes entre 11% y 15%.

Tabla 1. Frecuencia de los registros por tipo de delito y por año.

AÑO	HOM	LES	RCO	RHA	RSS	RVE	RVI	ROT	Total	%
2015	74	2490	2613	3942	1965	4810	2443	1225	19,562	25%
2016	68	2269	2756	3483	1573	4699	1827	905	17,580	22%
2017	94	2234	3030	3009	1442	4307	1854	831	16,801	21%
2018	143	2261	1880	2226	1557	3105	1535	661	13,368	17%
2019	80	2017	1666	1765	1767	2203	1605	571	11,674	15%
Total	459	11271	11945	14425	8304	19124	9264	4193	78,985	100%
%	1%	14%	15%	18%	11%	24%	12%	5%	100%	

Fuente: Elaboración propia con datos de GESI (2020).

4.1. Ubicuidad delictiva

En la Tabla 2 se muestra la ubicuidad delictiva, expresada como el porcentaje de distritos de planeación especializados en cada tipo de delito por año. En ella se observa que, en el período analizado, de 38% a 53% de los distritos de planeación se especializaron en alguno de los delitos analizados, destacando el robo a casa habitación (RHA) cuya cobertura espacial involucra a más de la mitad de los distritos, convirtiéndose en el delito más ubicuo; en segundo lugar, se encuentra el robo en vía pública (RVI), seguido de otros tipos de robo (ROT), con poco menos de la mitad de los distritos.

Por su parte, los delitos menos ubicuos fueron los homicidios (HOM) y las lesiones (LES), aunque con presencia en más de una tercera parte de los distritos de planeación; mientras que el resto de los delitos (RSS, RVE y RCO) se encuentran en una posición intermedia con presencia en un rango de 40% a 43% de los distritos.

Tabla 2. Ubicuidad por tipo de delito y por año.

AÑO	HOM	LES	RCO	RHA	RSS	RVE	RVI	ROT
2015	36%	45%	34%	53%	47%	39%	45%	44%
2016	36%	41%	38%	48%	45%	33%	42%	48%
2017	36%	38%	39%	58%	38%	41%	52%	47%
2018	42%	30%	39%	53%	45%	44%	45%	45%
2019	41%	36%	52%	50%	38%	44%	50%	44%
Período	38%	38%	40%	53%	43%	40%	47%	46%

Fuente: Elaboración propia con datos de GESI (2020).

Con respecto a los cambios en la ubicuidad de los delitos durante el período, se observa que el robo a comercio (RCO) amplió considerablemente su cobertura espacial al pasar de 34% a 52% de los distritos especializados, lo que significó un aumento de 18% en su ubicuidad o en la especialización de la ciudad en este delito. El homicidio (HOM), el robo de vehículos (RVE) y el robo en vía pública (RVI) aumentaron también su ubicuidad, aunque en menor porcentaje (5%) que el RCO y, en el caso del RVI, con variaciones interanuales importantes (de 2016 a 2017 aumentó 10%).

En cambio, las lesiones (LES) y el robo simple (RSS) disminuyeron su ubicuidad en 9% de los distritos urbanos; mientras que el robo a casa habitación (RHA) lo hizo en 3% con variaciones interanuales importantes (de 2016 a 2017 se incrementó 10%); además, los otros tipos de robos (ROT) se mostraron relativamente constantes.

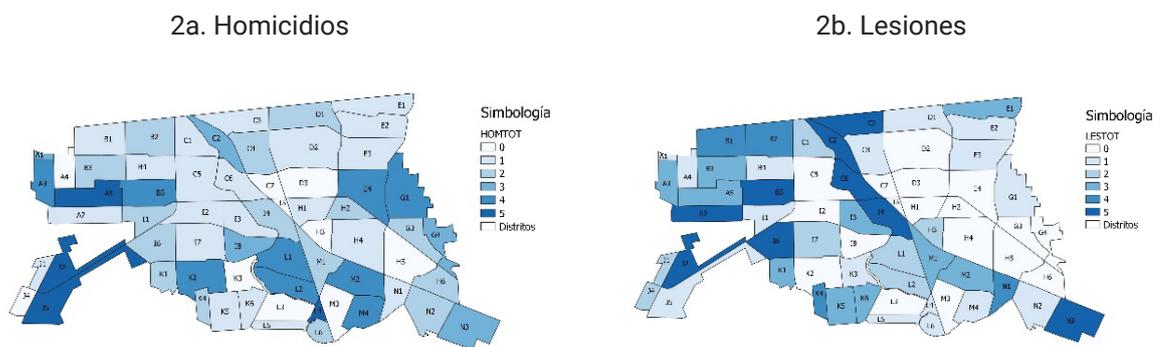
Al relacionar las Tablas 1 y 2 se hace evidente que, si bien, la mayoría de los delitos disminuyeron en frecuencia, algunos aumentaron en ubicuidad (RCO, RVE y RVI), adquiriendo una mayor cobertura espacial o expansión de la especialización delictiva al final del período, otros disminuyeron en ubicuidad (LES, RSS y RHA) o mantuvieron el mismo porcentaje al final del período (ROT). En cambio, el delito de homicidio (HOM) aumentó en ambas dimensiones (frecuencia y ubicuidad) haciéndose más común y presente en la ciudad.

4.2. Estabilidad espacial de la especialización delictiva

En el caso de los delitos cometidos contra las personas, en la Figura 2 se observa que algunos distritos del poniente, sur y oriente de la ciudad se especializaron en homicidio en casi todo el período (cuatro o cinco años), haciéndose evidente la estabilidad del delito en esas zonas que, por su situación de vecindad o contigüidad, conformaron conglomerados (2a). Las lesiones también se presentaron en el oriente de la ciudad, además de que formaron un núcleo o *hot spot* en la parte central de esta (2b).

Si bien, los delitos contra las personas presentaron una ubicuidad similar en el periodo su comportamiento espacial fue distinto, mostrando un patrón más definido y estable en el caso de las lesiones que en los homicidios. Una de las principales diferencias entre estos delitos es que, en el quinquenio, un número considerable de distritos no se especializó en lesiones (valor cero en Fig. 2b), mientras que múltiples distritos destacaron, al menos en un año, en homicidios. Esto indica la tendencia a la concentración y estabilidad de las lesiones, así como a la dispersión e inestabilidad de los homicidios.

Figura 2. Especialización de delitos contra las personas en el período.

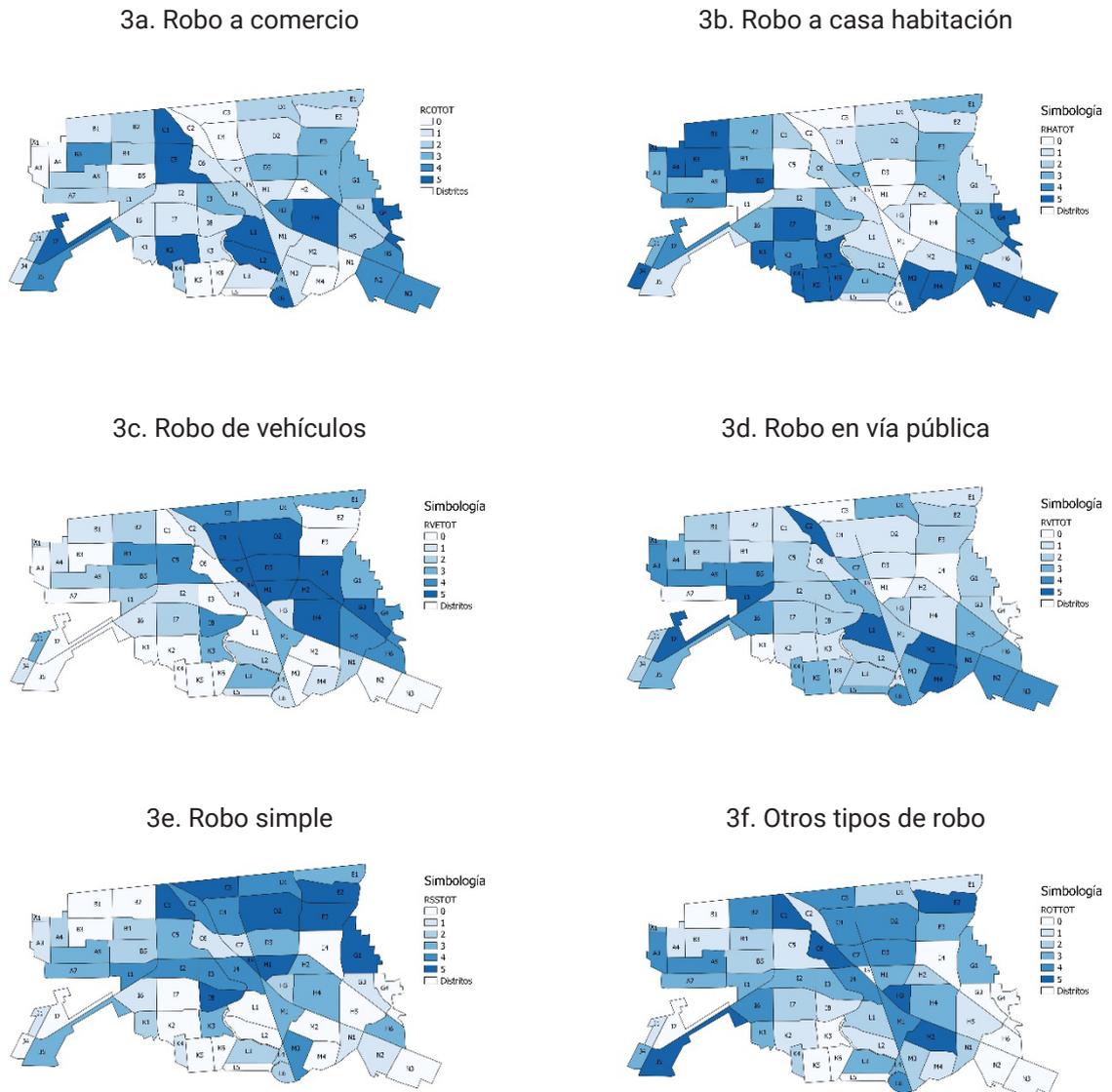


Fuente: Elaboración propia con datos de GESI (2020).

Con respecto a los delitos contra el patrimonio, en la Figura 3 puede observarse que los distritos de la parte central y sur de la ciudad se especializaron en robos a comercio (3a); mientras que el robo a casa habitación, el más ubicuo de los delitos, tuvo un comportamiento periférico, formando una franja continua que conecta las zonas poniente y sur (3b). El robo simple (3e) abarcó el cuadrante noreste y los otros tipos de robo (3f) se distribuyeron en la porción central, así como en las periferias oriente y surponiente de la ciudad, presentando una mayor concentración el primero con respecto al segundo.

En cuanto a los robos relacionados con elementos de movilidad urbana, el robo de vehículos (3c) se concentró en un amplio conglomerado en la porción centro-oriental de la ciudad; mientras que el robo en vía pública (3d) se comportó de manera dispersa, pero, formando dos conglomerados (sureste y suroeste), siendo muy pocos los distritos que no se especializaron en este delito en algún año del periodo.

Figura 3. Especialización en delitos contra el patrimonio en el período.



Fuente: Elaboración propia con datos de GESI (2020).

4.3. Diversidad delictiva

En los cinco años que comprende el periodo analizado, los distritos de planeación se especializaron en al menos un delito (excepto en 2018 cuando 2% de los distritos no presentaron especialización alguna). La mayoría de los distritos se especializó en tres o cuatro delitos, pero, de 41% a 50% de los distritos presentó diversidad delictiva al especializarse en la mitad o más de los delitos en algún año del quinquenio.

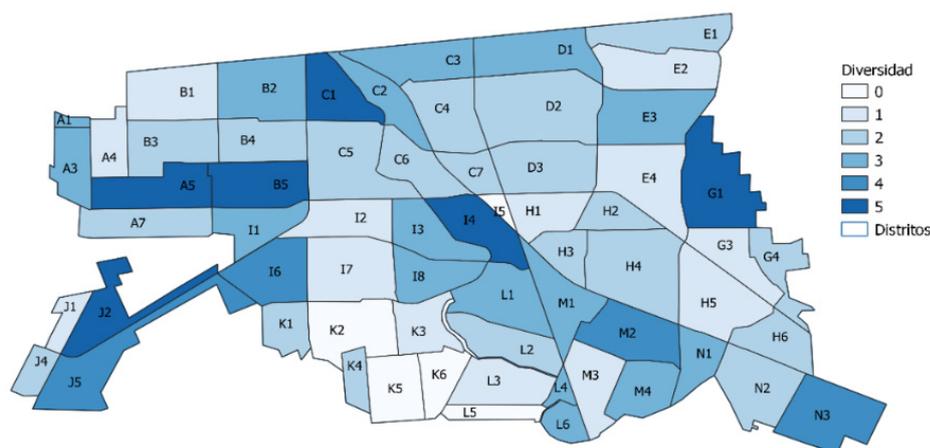
En la Figura 4 puede observarse el nivel de estabilidad de los distritos donde, por un lado, cinco distritos en la periferia sur de la ciudad (I5, K2, K5, K6 y L5) sostuvieron una escasa o nula diversidad delictiva durante el periodo, al especializarse en menos de la mitad de los delitos en cada uno de los cinco años analizados. Por otro lado, se encuentran los distritos diversos, destacando seis (A5, B5, C1, G1, I4 y J2) y cuatro (I6, J5, M2 y N3) de ellos, no sólo por su alta diversidad

delictiva al especializarse en 4 o más delitos, sino por sostenerla en cinco y cuatro años del período, respectivamente. Estos distritos se distribuyen en varias zonas de la ciudad, pero forman un conglomerado importante en el poniente.

Los distritos de diversidad delictiva estable pueden estar consolidándose como subespacios *crimípetos*, en el sentido de poseer ciertas características que favorecen la ocurrencia de delitos, y contagiar a los distritos vecinos (San Juan, Vergara y Germán, 2005). No obstante, como se observó en las Figuras 2 y 3 sus estructuras o perfiles delictivos son distintos, por lo que valdría la pena analizarlos de manera detallada en un segundo momento de la investigación para identificar las condiciones que prevalecen en ellos.

Si bien, el resto de los distritos presentó una diversidad delictiva inestable, es importante considerar que, de uno a tres años, se especializaron en varios delitos, lo que puede estar relacionado con el contagio espacial o con los cambios en los espacios de actividad urbana.

Figura 4. Diversidad delictiva 2015-2019.



Fuente: Elaboración propia con datos de GESI (2020).

5. Discusión

A partir del comportamiento de las principales categorías de delito se corrobora, como hicieron Fernández et al. (2014), que existen discrepancias en los patrones espaciales de los delitos contra las personas y contra la propiedad; pero, a diferencia de los autores, en el caso de la ciudad de Mexicali, no se puede afirmar que los primeros sean difusos o carezcan de un patrón aparente ni que los segundos estén altamente concentrados y sean estables.

Al contrario, tal y como encontraron Yue et al. (2017), en los delitos contra el patrimonio se presentan patrones espaciales heterogéneos que, según los autores, responden a la distribución urbana de los elementos que atraen a los delincuentes. Por tanto, no es extraño que en la ciudad de Mexicali se presentaran diferencias notorias en los patrones espaciales del robo de vehículos y el robo a casa habitación; el primero, abarcando distritos donde se ubica una parte importante de los equipamientos e instalaciones urbanas de alta concentración de personas (p.ej. universidades, ciudad deportiva, industrias, zona hotelera); el segundo, en la periferia urbana, donde se

encuentran los fraccionamientos populares, así como extensos desarrollos de vivienda de interés social de reciente creación.

En este sentido, como señalan Fernández et al. (2014), los *hot spots* delictivos se ubican en las zonas con más tránsito de personas y próximas a las áreas de mayor vulnerabilidad social, concordando con otros estudios multicrimen (Albaladejo-García y Campos-Cotanda, 2017; Andresen y Malleson, 2011; Wallace et al., 2006; Zhang y Petterson, 2007). No obstante, en Mexicali, esto no sucede en todos los tipos de delito; pues, si bien, el robo en vía pública y las lesiones dan cuenta de lo anterior; el robo simple y el robo de vehículos son atraídos por los principales nodos y sendas de actividad; mientras que los homicidios ocurren en fraccionamientos populares que presentan cierto nivel de marginación y vulnerabilidad social.

Con respecto a los delitos contra las personas, los resultados coinciden con los obtenidos por Andresen y Malleson (2011) y Zhang y Petterson (2007), en cuanto a la alta concentración de los crímenes violentos o su menor ubicuidad con respecto al resto de los delitos; pero, como se ha mencionado previamente, los homicidios y las lesiones difieren en cuanto a su cobertura, estabilidad espacial y traslape con otros tipos de crimen. Por esta razón, como sugieren Andresen y Shanon (2012), no es conveniente fusionarlos entre sí ni con otros tipos de delito.

Acerca de la estabilidad delictiva, Andresen y Malleson (2011), además de corroborar que cada delito tiene un nivel de concentración distinta, identificaron que esta varía en el tiempo. A pesar de que el análisis por unidad censal no les brindó evidencia de la estabilidad espacial de los delitos en general (como sí lo hizo el análisis por segmento de calle), al comparar los valores obtenidos, se entiende que los delitos violentos fueron más estables que los no violentos.

En cambio, en Mexicali, cada uno de los delitos se mantuvo estable durante cuatro o cinco años en, al menos, una quinta parte de los distritos de planeación, destacando el robo a casa habitación y otros tipos de robo con los niveles más altos, así como los homicidios y lesiones con los más bajos; es decir, resultaron más estables los delitos no violentos que los violentos, lo que se contrapone a lo encontrado por los autores previamente citados y, en el contexto de este trabajo, indica una mayor movilidad urbana de los delitos contra las personas que contra el patrimonio.

Aunque los delitos presentan diferencias en especialización, cobertura, concentración y estabilidad, se obtuvo que 16% de los distritos se caracterizan por su diversidad delictiva y por la estabilidad de esta en el periodo. En ellos, la combinación de delitos involucrados es diferente y su agrupamiento no responde a la presencia o ausencia de violencia, como reporta el estudio de Andresen y Malleson (2011); pues, como se observó previamente, homicidios y lesiones tienen expresiones espaciales distintas y, en estos distritos, es más frecuente el traslape de los homicidios con el robo en vía pública y otros tipos de robo que con las lesiones. No obstante, es conveniente que, en otras etapas de la investigación, se profundice en las múltiples asociaciones entre delitos en la ciudad para llevar a cabo una mejor comparación con trabajos previos.

5.1. Limitantes en el análisis de múltiples delitos

Además de la cifra negra, uno de los problemas que enfrenta el estudio de delitos múltiples es la dificultad para comparar los resultados obtenidos con estudios previos, pues, como se detectó en la revisión de literatura, cada investigador se enfoca en un conjunto de delitos y una temporalidad específica, siendo más frecuente el análisis de un solo delito en un año, independientemente de

los indicadores utilizados (tasas, porcentajes, coeficientes, etc.). Además, cada ciudad tiene un perfil delictivo particular y la tipología penal varía de un lugar a otro.

Por ejemplo, mientras que Yue et al. (2017) reportan que el robo de bicicleta es el delito más frecuente en Jiangnan, Wujian, China, este no es relevante en Mexicali, incluso no puede identificarse en los registros locales, pues, dependiendo de la circunstancia del hecho, estará incluido en las categorías de robo simple, robo en vía pública o en otros tipos de robo. A pesar de ello, no se puede ignorar el hecho de que el delito de mayor frecuencia en ambas ciudades se relacione con el medio de transporte más popular o común en cada caso, ni que los *hot spots* para ambos tipos de robo sean zonas con alta afluencia de personas donde, como señalan los autores, generalmente los vehículos carecen de vigilancia.

En cambio, en las ciudades de Albacete y Murcia en España, el robo de vehículos representa una décima parte o menos del total de delitos; mientras que el homicidio y el robo a casa habitación son escasos o nulos, dando lugar a la preponderancia de otros crímenes como el robo simple y el hurto (Albaladejo-García y Campos-Cotanda, 2017; Fernández et al., 2014). Las diferencias en los perfiles delictivos de estas ciudades con respecto a Mexicali y Jiangnan obedece a múltiples razones que en este trabajo no han sido exploradas, pero, es evidente que una de ellas es la diferencia en su tamaño, pues Albacete y Murcia, son consideradas áreas pequeña y mediana, respectivamente; mientras que Mexicali y Jiangnan son áreas metropolitanas. Lo que hace más simple la estructura, organización y movilidad urbanas de las primeras con respecto a las segundas.

Aunque la comparación simple de los perfiles delictivos de diferentes ciudades no es del todo conveniente porque los patrones espacial y temporal de cada tipo de delito responde a estructuras urbanas distintas, los objetivos adecuados y las características de las zonas donde se encuentran implican espacios de actividad similares, como son las áreas de mayor afluencia de personas y las de más alta vulnerabilidad. Por ende, la especialización, diversidad y ubicuidad delictivas, como indicadores del nivel de consolidación de las ciudades como espacios *crimípetos*, abre la posibilidad de compararlas; pero, para ello es necesario contar con una mayor cantidad y variedad de estudios multicrimen.

6. Conclusiones

A partir del análisis del comportamiento delictivo del periodo 2015-2019 en Mexicali, se pudo identificar, en un primer momento, que cada tipo de delito tiene un patrón espacial particular, abarcando distintas zonas de la ciudad, con diferencias en su nivel de concentración y dispersión. Esto responde, según la literatura revisada, a las oportunidades diferenciales que ofrece la ciudad cuando presenta objetivos adecuados y accesibles a los delincuentes motivados, haciendo más atractivos algunos distritos que otros para ciertos delitos. Sin embargo, la alta ubicuidad de todos los tipos de delito en la ciudad y la conformación de amplios conglomerados, no sólo indica la vasta distribución de oportunidades sino el contagio espacial que promueve la expansión de la delincuencia en el espacio urbano frente a guardianes incapaces de protegerlo.

En un segundo momento, se identificó que las coberturas espaciales de los distintos tipos de delito tienden a traslaparse y a permanecer en el tiempo, constituyendo zonas especializadas en múltiples delitos o con diversidad delictiva. Esta situación hace evidente la consolidación de subespacios *crimípetos* al interior del espacio urbano, como territorios tomados por la delincuencia donde la seguridad de los habitantes y de las distintas actividades que se desarrollan se

encuentran permanentemente amenazadas. Por lo tanto, además de las estrategias específicas de intervención dirigidas a “recortar” los espacios de actividad delictiva que estructuran cada tipo de crimen, es importante considerar que existen zonas críticas que deben ser atendidas de manera integral y urgente.

Al reconocer que Mexicali, como otras ciudades, presenta un perfil delictivo particular que se relaciona con la forma en que se estructura social y espacialmente la vida urbana, resulta conveniente indagar sobre las condiciones físicas y sociales que contribuyen a la generación de los subespacios “propensos” al crimen, a su expansión y permanencia. No obstante, al observar que los delitos son altamente ubicuos, se traslapan generando zonas con diversidad delictiva y permanecen estables en el tiempo, se hace evidente que el problema de la inseguridad pública no se limita a algunos *hot spots* de la delincuencia sino a todo el espacio urbano que, frente a los altos niveles de impunidad que existen en las ciudades mexicanas y el efecto multiplicador del crimen organizado, va consolidándose como “un buen lugar para delinquir”.

Bibliografía

- Abidin, C. (2005). La imagen del delincuente en la escuela clásica y en la escuela positiva. *Cartapacio de Derecho. Revista Virtual de la Facultad de Derecho-Unicen*, (8), 1-17. Recuperado de <http://www.cartapacio.edu.ar/ojs/index.php/ctp/article/view/58/63>
- Aguayo, E. & Medellín, S.E. (2014). Dependencia espacial de la delincuencia en Monterrey, México. *Ecos de Economía*, 18 (38), 63-92. doi: 10.17230/ecos.2014.38.3
- Albaladejo-García, J.A. & Campos-Cotanda, M. (2017). Descripción del fenómeno delictivo en la ciudad de Murcia a partir de herramientas SIG. *Investigaciones Geográficas*, (67), 215-227. doi: 10.14198/INGEO2017.67.12
- Andresen, M.A. & Malleson, N. (2011). Testing the Stability of Crime Patterns: Implications for Theory and Policy. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, 48 (1), 58-82. doi: <https://doi.org/10.1177/0022427810384136>
- Andresen, M.A. & Shanon, J.L. (2012). The (In) Appropriateness of Aggregating Across Crime Types. *Applied Geography*, 35 (1-2), 275-282. doi: 10.1016/j.apgeog.2012.07.007
- Braga, A.A., Andresen, M.A. & Lawton, B. (2017). The Law of Crime Concentration at Places: Editors' Introduction. *Journal of Quantitative Criminology*, 33, 421-426. doi: 10.1007/s10940-017-9342-0
- Brantingham, P. J. (2016). Crime Diversity. *Criminology*, 54 (4), 553-586. doi: 10.1111/1745-9125.12116
- Brantingham, P.L. & Brantingham, P.J. (1993). Nodes, Paths and Edges: Considerations on the Complexity of Crime and the Physical Environment. *Journal of Environmental Psychology*, 13 (1), 3-28. doi: 10.1016/S0272-4944(05)80212-9
- Brantingham, P.L. & Brantingham, P.J. (1997). Mapping Crime for Analytic Purposes: Location Quotients, Counts and Rates. En: D. Weisburd y T. McEwen (Eds.), *Crime Mapping and Crime Prevention* (pp. 263-288). Monsey, Estados Unidos de América: Criminal Justice Press.
- Brantingham, P.J., Brantingham, P.L. & Andresen, M.A. (2017). The Geometry of Crime and Crime Pattern Theory. En R. Wortley y M. Townsley (Eds.), *Environmental Criminology and Crime Analysis* (Vol. 2). Abington, Estados Unidos de América: Routledge.
- Carcach, C. & Muscat, G. (2000). “An Analysis of Regional Variations in Crime Using Crime Concentration Indexes”. *Conference on Crime Mapping: Adding Value to Crime Prevention and Control*. Australia: Institute of Criminology.
- Castañeda, G. (2018). Complejidad económica, estructuras productivas regionales y política industrial. *Revista de Economía Mexicana. Anuario UNAM*, (3), 144-206. Recuperado de <http://www.economia.unam.mx/assets/pdfs/econmex/03/04Castaneda.pdf>
- Cohen, L.E. & Felson, M. (1979). Social Change and Crime Rate Trends: A Routine Activity Approach. *American Sociological Review*, 44, 588-608. doi: 10.2307/2094589
- Denegri, F.M. & Ley, J. (2021). Crime against Businesses: Temporal Stability of Hot Spots in Mexicali, Mexico. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10 (3), 178. doi: 10.3390/ijgi10030178

- Fernández, E., Vázquez, D. & Belmonte, M. (2014). Los puntos calientes de la delincuencia. Un análisis de la distribución espacial del fenómeno delictivo en la ciudad de Albacete. En Centro Nacional de Información Geográfica (Ed.), *IV Jornadas Ibéricas de Infraestructura de Datos Espaciales* (pp. 351-363). Madrid, España: Centro Nacional de Información Geográfica.
- Fuentes, C.M. & Sánchez, O.A. (2017). La distribución espacial del robo a transeúntes y el contexto socioeconómico en tres delegaciones de la Ciudad de México. Elementos para una política de seguridad pública. *Gestión y Política Pública*, 26 (2), 417-451. Recuperado de <http://www.gestionypoliticapublica.cide.edu/ojsaide/index.php/gyp/article/view/339>
- García, J., Buch, E. & García, A.K. (2019). Homicidios dolosos en Ciudad Juárez, un análisis a partir de la Teoría de las Actividades Rutinarias. *International E-Journal of Criminal Science*, (13), 1-25. Recuperado de <https://ojs.ehu.es/index.php/inecs/article/view/20765>
- Garfias, M., Parikh, P. & Belur, J. (2020). Using Heat Maps to Identify Areas Prone to Violence against Women in the Public Sphere. *Crime Science*, 9, 1-15. doi: 10.1186/s40163-020-00125-6
- González, P.J., Ley, J., Sáñez, A., Varela, O., Ochoa, M. & Valenzuela, V. (2016). Prevención social de la violencia y la delincuencia con participación ciudadana. Violencia escolar: Diagnóstico social integral sobre violencia escolar. Mexicali, México: UABC-XXI Ayuntamiento de Mexicali.
- Guardia Estatal de Seguridad e Investigación (GESI). (2020). Incidencia delictiva estatal [base de datos]. Mexicali, México: Fiscalía General del Estado de Baja California. Recuperado de <https://www.seguridadbc.gob.mx/contenidos/incidenciaDelictiva.php>
- Hernández, V., Maycote, E. & Quezada, D. (2018). Geografía del robo a casa habitación en Ciudad Juárez, Chihuahua (2007-2014). *Investigaciones Geográficas*, (96), 1-15. doi: 10.14350/rig.59545
- Hurtado, O. & García, R.M. (2013). El narcotráfico en México como problema transnacional. *Revista mexicana de política exterior*, 97, 35-64. Recuperado de <https://revistadigital.sre.gob.mx/images/stories/numeros/n97/hurtadogarcia.pdf>
- Instituto para la Economía y la Paz (Institute for Economics & Peace) (IEP) (2022). *Índice de Paz en México 2022: Identificación y medición de los factores que impulsan la paz*. Sídney, Australia: IEP. Recuperado de <http://visio-nohumanity.org/resources>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2016). Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE) 2016. Aguascalientes, México: Inegi. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/envipe/2016/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2022). Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE) 2022. Aguascalientes, México: Inegi. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/envipe/2022/doc/envipe2022_presentacion_nacional.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2020a). Censo de Población y Vivienda 2020. Aguascalientes, México: Inegi. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2020b). Censos Económicos 2019. Aguascalientes, México: Inegi. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2020c). Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE) 2020. Aguascalientes, México: Inegi. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/envipe/2020/>
- Kinney, J., Brantingham, P., Wuschke, K., Kirk, M. & Brantingham, P. (2008). Crime Attractors, Generators and Detractors: Land Use and Urban Crime Opportunities. *Built Environment*, 34(1), 62-74. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/23289741>
- Pan, M., Widner, B. & Enomoto, C.E. (2012). Spillover Effects of Crimes in Neighboring States of Mexico. *International Journal of Business and Social Science*, 3(14), 14-32. Recuperado de <https://corescholar.libraries.wright.edu/econ/248/>
- Pérez, C.C., Salazar, B.C. & Mendoza, J. (2019). Diagnóstico de la complejidad económica del estado de Hidalgo: de las capacidades a las oportunidades. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, Nueva Época, 14 (2), 261-277. doi: 10.21919/remef.v14i2.299
- Reyna, A., González, G.J., Vega, M.G., Ramos, I.M. & González, M.E. (2020). Magnitud, distribución y tendencia espacial de homicidios registrados en el Área Metropolitana de Guadalajara: análisis comparativo entre 2013 y 2018. *Investigaciones geográficas*, (103), 1-20. doi: 10.14350/rig.60060

- Ríos, G. (2017). La herencia de la criminología clínica. *Horizonte Médico* (Lima), 17(2), 71-76. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371651249011>
- Rivas, F., Vélez, D., Vélez, M. & Díaz, C. (2016). Especialización delictiva regional en México: Diversidad y ubicuidad. *Boletín criminológico*, (167), 1-15. Recuperado de <http://www.boletincriminologico.uma.es/boletines/167.pdf>
- San Juan, C., Vergara, A. & Germán, I. (2005). Propiedades psicométricas de un cuestionario para la evaluación de la calidad de vida urbana y el miedo al delito. *Revista Española de Investigación Criminológica*, 3, 1-13. doi: 10.46381/reic.v3i0.22
- Schreck, C., McGloin, J.M. & Kirk, D.S. (2009). On the Origins of the Violent Neighborhood: A Study of the Nature and Predictors of Crime-Type Differentiation Across Chicago Neighborhoods. *Justice Quarterly*, 26, (4), 771-794. doi: 10.1080/07418820902763079
- Steenbeek, W. & Weisburd, D. (2016). Where the Action is in Crime? An Examination of Variability of Crime Across Different Spatial Units in The Hague, 2001–2009. *Journal of Quantitative Criminology*, 32, 449–469. doi: 10.1007/s10940-015-9276-3
- Trajtenberg, N. & Aloisio, C. (2009). “La racionalidad en las teorías criminológicas contemporáneas”. En Departamento de Sociología (coord.), *El Uruguay desde la sociología VII* (pp. 279-294). 7ª. Reunión Anual de Investigadores del Departamento de Sociología. Montevideo, Uruguay: Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República. Recuperado de: http://209.177.156.169/libreria_cm/archivos/pdf_581.pdf
- van Sleeuwen, S.E.M., Ruiter, S. & Steenbeek, W. (2021). Right place, right time? Making crime pattern theory time-specific. *Crime Science*, 10, 2. doi: 10.1186/s40163-021-00139-8
- van Sleeuwen, S.E.M., Ruiter, S. & Menting, B. (2018). A Time for a Crime: Temporal Aspects of Repeat Offenders' Crime Location Choices. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, 55, (4), 538-568. doi: 10.1177/0022427818766395
- Vilalta, C.J. (2011). El robo de vehículos en la ciudad de México: Patrones espaciales y series de tiempo. *Gestión y Política Pública*, 20 (1), 97-139. Recuperado de http://www.gestionypoliticapublica.cide.edu/num_anteriores/Vol_XX_No.I_1ersem/03_Carlos_Vilalta.pdf
- Vilalta, C. & Muggah, R. (2014). Violent Disorder in Ciudad Juarez: A Spatial Analysis of Homicide. *Trends in Organized Crime*, 17, 161-180. doi: 10.1007/s12117-014-9213-0
- Wallace, M., Wisener, M. & Collins, K. (2006). Neighborhood Characteristics and the Distribution of Crime in Regina. *Crime and Justice Research Paper Series*. Ottawa, Canadá: Canadian Centre for Justice Statistics.
- Weisburd, D. (2015). The Law of Crime Concentration and the Criminology of Place. *Criminology: An Interdisciplinary Journal*, 53(2), 133–157. doi: 10.1111/1745-9125.12070
- XVIII Ayuntamiento de Mexicali (XVIII AM). (2007). Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Mexicali, B.C. 2025. Mexicali, México: IMIP.
- Yue H., Zhu, X., Ye, X., & Guo, W. (2017). The Local Colocation Patterns of Crime and Land-Use Features in Wuhan, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6 (10), 1-15. doi: 10.3390/ijgi6100307
- Zhang, H. & Peterson, M. P. (2007). A Spatial Analysis of Neighborhood Crime in Omaha, Nebraska Using Alternative Measures of Crime Rates. *Internet Journal of Criminology*, 31, 1-28. Recuperado de https://www.internetjournalofcriminology.com/_files/ugd/b93dd4_6c9f7504cc524d77ad8b7a58f42a5bdd.pdf

Conflicto de intereses

Las autoras de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Illegal pesticide trade networks on the Brazil and Paraguay border: scenarios following the Latin American Integration Route (LAIR) construction

Redes de comercio ilegal de plaguicidas en la frontera de Brasil y Paraguay: escenarios tras la construcción de la Ruta de Integración Latinoamericana (LAIR)

JACKSON BATISTA BITENCOURT¹  0000-0003-1399-4879

GLORIA MARIA VARGAS LÓPEZ DE MESA¹  0000-0002-0186-368X

¹ Institute of Applied Economic Research, Brasilia, Brazil.

² University of Brasilia, Brazil.

Abstract

Agribusiness has unleashed new territorial dynamics on the Brazil and Paraguay border. Derived from Brazilian public policies influenced by geopolitical objectives, the spillover of agribusiness into Paraguayan territory has created productive, commercial, and logistical networks that have intensified the porosity of this border. In light of this, criminal groups have used these networks to carry out cross-border crimes. Among these illicit acts, the illegal flow of pesticides and agrochemical inputs stands out, since they use the road network to transport and distribute these products to the thriving agribusiness segment, despite the asymmetry between sanitary and legal parameters between Brazil and Paraguay. Through a qualitative analysis of quantitative data and interviews with agents responsible for security in the Brazilian Border Strip, we identified the characteristics of this cross-border illicit flow and built a scenario for the period after the construction of the RILA, which will make the river border of the state of Mato Grosso do Sul, Brazil, with the department of Alto Paraguay, Paraguay, between the cities of Porto Murtinho and Carmelo Peralta, more porous and therefore more vulnerable to these crimes.

Keywords: border; agribusiness; illicit pesticides and agrochemicals; Brazil; Paraguay.

Fechas • Dates

Recibido: 2023.03.07
Aceptado: 2023.10.24
Publicado: 2024.05.27

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Jackson Batista Bitencourt
jackson.bitencourt@ipea.gov.br

Resumen

La agroindustria ha desencadenado nuevas dinámicas territoriales en la frontera entre Brasil y Paraguay. Derivado de políticas públicas brasileñas influidas por objetivos geopolíticos, el desborde del agroindustria en territorio paraguayo ha creado redes productivas, comerciales y logísticas que han intensificado la porosidad de esta frontera. Consecuentemente, los grupos criminales han utilizado estas redes para llevar a cabo delitos transfronterizos. Entre estos ilícitos se destaca el mercado ilegal de plaguicidas e insumos agroquímicos, que utiliza la red vial para transportar y distribuir estos productos al próspero segmento de la agroindustria, a pesar de la asimetría entre los parámetros sanitarios y legales en Brasil y Paraguay. A través de un análisis cualitativo de datos cuantitativos y entrevistas con agentes responsables de la seguridad en la Franja Fronteriza de Brasil, identificamos las características de este flujo ilícito transfronterizo y construimos un escenario para el período posterior a la construcción de la RILA, que hará frontera fluvial del estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, con el departamento de Alto Paraguay, Paraguay, entre las ciudades de Porto Murtinho y Carmelo Peralta, más porosa y por lo tanto más vulnerable a estos delitos.

Palabras clave: frontera; agroindustria; plaguicidas ilícitos; Brasil; Paraguay.

1. Introduction

The trend of increasing grain production has provided, notably for Brazil and Paraguay, a prominent role in global food production networks. These countries are major producers and exporters of vegetable protein, which mainly supply consumer markets in Europe and the Pacific basin. Nevertheless, insofar as this production increases, the domestic demand for pesticides and agrochemical inputs also rises since the search for greater agricultural productivity determines the greater competitiveness of the crop. In this context, the concept of pesticides adopted is “compounds of chemical substances intended for the control, destruction or prevention of pathogenic agents that act on useful plants and animals and on people” (Brasil, 1989). The legal and efficient use of agrochemicals has been essential to increasing agricultural productivity on a global scale and, therefore, in areas that have large grain production, such as Brazil and Paraguay. Despite the need for technical procedures and prior approval from the National Health Surveillance Agency (ANVISA), the Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources (IBAMA) and the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA), in the Brazilian context, as well as the Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas (SENAVE), in Paraguay, part of the pesticides and agrochemical inputs used in the border region between these countries derives from a complex illegal cross-border network. According to North (1991), these institutions seek to restrict illegalities that affect agribusiness in order to promote greater competitiveness among producers.

Mainly supplied by importing companies headquartered in Paraguay, these products and inputs, in addition to being distributed domestically, enter the Brazilian territory through the binational border, where the twin cities of Bela Vista and Bella Vista Norte, Mundo Novo and Salto del Guairá, Coronel Sapucaia and Capitán Bado and Ponta Porã and Pedro Juan Caballero in Brazil and Paraguay, respectively, act as nodes in a network that involves actors responsible for the transportation, storage, counterfeiting and commercialization of these products. In addition to tax evasion, when they enter Brazil as a product of theft, their presence as an input in Brazilian territory violates national health and environmental laws since they are incompatible with cur-

rent technical standards and, therefore, represent potential threats to producers and consumers of animal and vegetable protein. The key objective is to analyze the potential of LAIR as a possible logistical route for markets of illegal pesticides and agrochemicals from Paraguay to Brazil. Thus, authorities responsible for public safety, notably the National Police of Paraguay (PNP) and the Federal Highway Police (PRF), the Federal Police (PF) and the Department of Border Operations of Mato Grosso do Sul (DOF-MS) in Brazil, have carried out operations in these cities and on the main highways in the border region, which have resulted in an increase in seizures of cargoes of pesticide and illegal agrochemical inputs.

2. Methodology

While the illegal pesticide market depends on the logistical structure and demand linked to the legal market, this article presents the following hypothesis: the construction of the Latin American Integration Route (LAIR), a bioceanic road corridor between Brazil, Paraguay, north of Argentina and the coast of Chile will create an alternative axis for this illegal market, due to the incipient security apparatus at the borders and the high road capillarity between this corridor and Mato Grosso do Sul (MS), one of Brazil's main grain-producing states. The key objective was to analyze the potential of LAIR as a possible logistical route for markets of illegal pesticides and agrochemicals from Paraguay to Brazil. As subordinate objectives, we intended to understand the functioning of the networks of this illegal market on the border between Brazil and Paraguay; and to identify the productive, logistical, and territorial aspects of MS state that favor the transformation of LAIR into an alternative logistical axis of these illegal activities. As part of the methodological resources, we carried out a qualitative analysis of quantitative data as well as open interviews with the commander of the Department of Border Operations of MS and with a special agent of the PF, both from Brazil, who work on the border between the two countries. Through data provided by government institutions in Brazil and Paraguay, as well as private companies related to the research, we sought to understand the functioning of the networks that constitute these illegal markets. We concluded that LAIR has a high potential to intensify the territorial fluidity of illicit activities.

3. Results

3.1. *The pesticide market on the border between Brazil and Paraguay*

The improvement of transportation and communication structures has provided the emergence of global production networks (GPN). Despite the increasing logistical fluidity resulting from these structures, each link in a GPN still depends on the territorialization of specific productive activities. Consequently, the nature and articulation of GPNs are profoundly influenced by the sociopolitical, institutional, and cultural context of the territories where they produce and reproduce (Dickens, 2009). Inasmuch as these networks become transnational, with productive links territorialized in border areas, as in the case of grain production in the Brazilian state of Mato Grosso do Sul (MS) and in Paraguay, these GPNs forge economic and geopolitical dynamics that not only promote regional development but also the emergence of transnational illicit networks.

The development of a cross-border illicit market presupposes the existence of economically viable supply and demand linkages between supplier and consumer. Furthermore, the availability of

physical networks is essential to boost the territorial fluidity of this illicit market, although this condition contradicts “the fundamental question in supply chain design and management as to how a chain can most effectively deliver quality and value to consumers” (King et al., 2010). In order to reduce operating costs and, therefore, provide products with competitive prices in relation to the legal market, criminal groups take advantage of logistical structures, such as roads and storage areas, similar to those used by companies that operate in accordance with current legislation.

As a large part of the Paraguayan agribusiness activity takes place in departments close to the border with Brazil, and being a product, in part, of the overflow of the advance of the Brazilian agricultural frontier (Huertas, 2007), criminal groups transport, store, and commercialize pesticides and agrochemicals inputs, originally intended for domestic agricultural activities, in the Brazilian territory. Regarding the concept of agribusiness, we understand it as “means the sum total of all operations involved in the manufacture and distribution of farm supplies; production operations on the farm; and the storage, processing, and distribution of farm commodities and items made from them” (Davis; Goldberg, 1957, p. 2).

On this topic, we point out that the concept of agribusiness presents a theoretical conflict between entrepreneurial agriculture and small agricultural producers in Brazil. A small farmer is part of the agribusiness system as well as a large corporate farm. Furthermore, the increase in agribusiness, notably the production of soybean, corn, wheat, and rice, which has occurred in South America, has triggered important territorial transformations, particularly in power relations, which, in turn, have altered geoeconomics and regional geopolitics. According to Luttwak (2001), geoeconomics is made up of capital for productive investment, development of products and services, search for new markets supported or subsidized by the State, among others. According to Huertas (2007), in the Brazil-Paraguay border region, the implementation and expansion of the agro-export model result from state policies that initially sought to expand the domestic supply of grains; and subsequently, to increase exports and attract international currency.

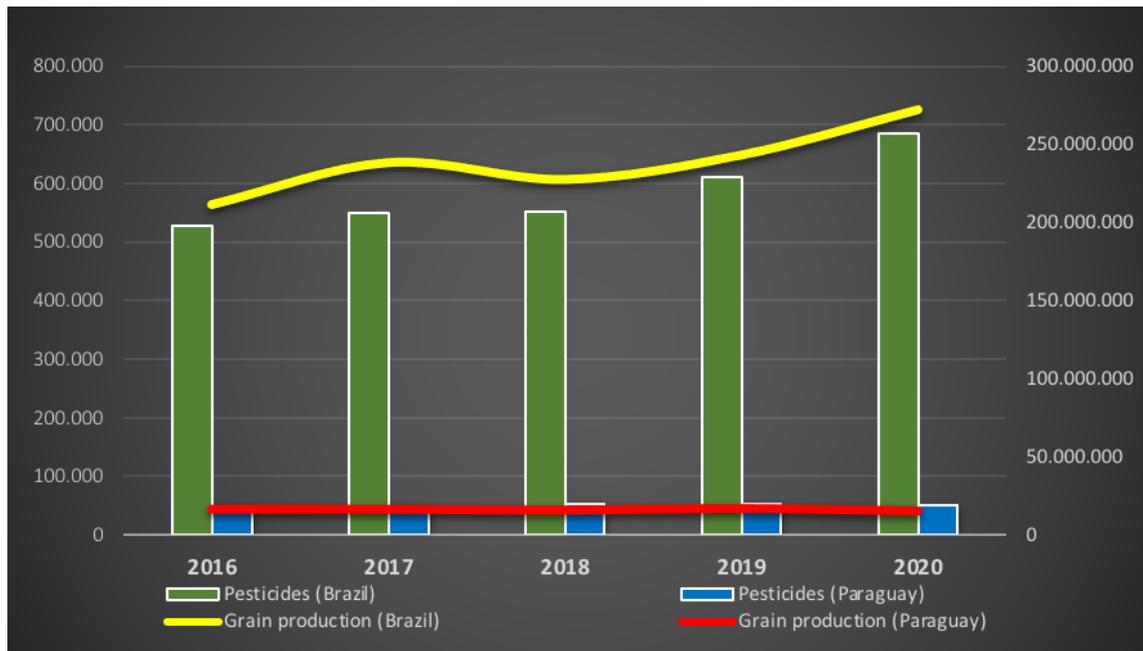
Geopolitics is the conceptual foundation of the State’s strategic objectives, based on knowledge of History, Geography and Politics (Mattos, 1990). Despite the conceptual differences, geoeconomics and geopolitics have objectives that sometimes overlap, since both interact with power relations that produce territory. In MS state, the genesis of agribusiness derives from the agricultural frontier expansion, as an occupation and development route of a region that is not very integrated with Brazil’s main urban and industrial centers. This was one of the geopolitical objectives established by the Brazilian governments during the civil-military dictatorship (1964-1985). Gradually, this agricultural frontier moved towards Paraguayan territory, with thousands of Brazilians migrating between the 1970s and 1990s, a process that was decisive in expanding the agribusiness model beyond Brazilian territorial limits. Consequently, the mismatch between state borders and ethnic borders, which are historically made explicit by the flows of Guaraní indigenous people and, currently, by the circulation of rural producers and land, merchandise, and capital owners, is one of the main features of this region (Albuquerque, 2010).

In countries with a predominance of tropical climates, such as Brazil and Paraguay, the effects and damage caused by crop plagues tend to be more severe, since climatic conditions induce their development, due to the primacy of high average temperatures and higher relative humidity. In absolute numbers and in terms of volume, Brazil is the country that trades more pesticides and agrochemical inputs in the world. In 2020, 686 349 tons of pesticides were legally traded (Brasil,

2021), while in Paraguay, 50 895 tons were legally provided (Paraguay, 2020). In the last few decades, the herbicides glyphosate, 2,4-D and Atrazine, the fungicide Mancozeb, and the insecticide Acephate are the most legally consumed pesticides in Brazil and Paraguay (Estadão, 2021).

According to Graph 1, the growth in grain production is accompanied proportionally by the increase in the pesticide purchases, both in Brazil and in Paraguay.

Graph 1: Grain production and pesticide trade (in tons)



Source: adapted from Brazil (2021, 2022b).

In Brazil, the legal basis for this trade derives from the definition of pesticides set out in law 7,802/89. According to Article 2 of this legislation, pesticides and alike are: “a) *products and agents of physical, chemical, or biological processes, intended for use in the production sectors, the storage and processing of agricultural products, in pastures, in the protection of native or planted forests [...]*” (Brasil, 1989).

In Paraguay, law 123/91 establishes a more generic definition of agrochemicals: “*they are chemical products usable in agriculture*” (Paraguay, 1991). Law 3742/09, in turn, complements this legal device, to the degree that it also presents the standards for controlling the production, use, storage, and handling of phytosanitary products for agricultural use (Paraguay, 2009). Despite the existence of conceptual parallels and attempts to control trade, the legal frameworks of the two countries present important differences, with regard to the authorization of types and concentrations of agrochemicals. Since Paraguayan legislation is less restrictive, a large part of the agrochemicals sold domestically are not compatible with the standards imposed by Brazilian law, which results, for example, in the prohibition of entry and use of much of these chemical inputs in Brazil.

In Brazil, the legal framework that regulates pesticides determines that each product meets the technical requirements under different methods. Pesticide registration and trade are under the safeguard of law 7,802/89 and the regulatory decree 4,074/02. Furthermore, ANVISA, IBAMA, and MAPA have more than 100 federal norms and resolutions regarding the pesticide approval

process. In addition, the states publish distinct regulations on the subject. Based on the specific attributions of ANVISA, IBAMA, and MAPA, the following procedures are also carried out: “1- agronomic tests which consist of evaluating the efficiency of the product in controlling pests or weeds, after tests conducted in the field. This information is analyzed by MAPA; 2- toxicological and health risk tests which include the various laboratory studies to measure the toxic potential of the product to human health. Consequently, these tests are analyzed by ANVISA; 3- ecotoxicological tests and environmental risks which include assessments of possible environmental impacts caused by the product. IBAMA, responsible for this validation, evaluates the potential environmental danger of the pesticide and also the environmental risk assessment” (Martinez, 2022, p. 16).

As a relevant global supplier of vegetable protein, Brazilian agriculture has increased the demand for pesticides. Thus, the existence of judicious and comprehensive procedural legislation for the liberalization and use of these products, combined with the growing demand of an expanding agricultural sector, are factors that stimulate the emergence of an illegal market. As a result, the smuggling and theft of pesticides and agrochemical inputs represent both a cause of huge foreign exchange evasions and a health threat to Brazilian society. According to Barros (2019), this illegal market imposes losses to the Brazilian treasury of approximately R\$ 20 billion every year (US\$ 4 billions). Still, according to this author, the illegal market of agricultural pesticides can be defined as “a set of crimes, where criminal groups act alone or jointly” (Barros, 2019, p. 8). Among the most common practices are theft, counterfeiting, deviation from the purpose of use, and smuggling, variants that intertwine, configuring the crime of using illegal products in crops.

According to Barros and Amadori (2021), the theft of pesticides is characterized by the action of criminal groups that irregularly get hold of these products that were made and distributed legally. Generally, these groups resort to violence, since they invade rural properties, cooperatives, commercial establishments and industries, as well as cargo transportation, in order to take possession of them. With regard to cargo theft, these groups identify the vehicles and the type of product being transported beforehand, thanks to networks of informants entrenched in the boarding areas of these cargoes. The approach usually occurs on stretches of highways with low vehicle flow, both in Brazil and Paraguay. Finally, the reintroduction of stolen cargo into the consumer market takes place through direct marketing or counterfeiting, which will depend on the infrastructure available to the criminal group.

Counterfeiting, in turn, is related to both cargo theft and smuggling. The counterfeiting involves the mixing of original products, usually derived from theft, with other agrochemical inputs, which are, recurrently, smuggled substances. In both cases, counterfeit products are not only ineffective in combating “pests” in the crop, but also pose health threats to producers and consumers, since they are not compatible with the standards established by current regulations. Counterfeiting agents build a “productive network” that provides all the logistical and operational needs of the illegal business, such as inputs, packaging, labels, chemical analysis, transportation, and even commercial invoices (Barros, 2019).

Lastly, smuggling is the clandestine entry of forbidden or controlled products into a country. In light of this, it is about “importing or exporting forbidden products or services” (Brasil, 2014). Pesticides or agrochemical inputs smuggling into Brazil involves the entry of substances prohibited by current law, as well as the entry of products with higher concentrations than those permitted by Brazilian health authorities, which entails risks of contamination because of improper use. Usually, the buyer knows about the illegality of the smuggled product, which is not often the case

with a counterfeit one. For commercialization, criminal groups make use of shell companies and, in some cases, legal investment that, with sale and distribution logistics, introduce illicit goods into the market, amid legal products (Barros and Amadori, 2021). Dorfman and Rekowski (2011, p. 02) point out that “*smuggling, in its geographical aspects, adapts its flows and fixed points to market demands, available technologies and the criminalization and/or valuation of certain objects by different agents*”. Consequently, in a setting of increasing regional agricultural production, growth of pesticide trade is not surprising.

According to the State Agency for Animal and Vegetal Sanitary Defense of MS, which is responsible for the execution, control, and inspection of activities related to pesticides, inputs, and the like, there are 338 companies able to commercialize, store, transport, apply, and collect packaging of pesticides in MS (Mato Grosso do Sul, 2019). Since they must be close to areas with greater demand, these companies, in terms of their acquisition and distribution logistics, handling and access to customers, are easily mimicked by criminal groups. Thus, the territorialization of the illegal pesticide market in MS takes place through cross-border networks between Brazil, and Paraguay that, in part, overlap with the network established by the current legal market in Brazil.

3.2. *The porosity of the border between Brazil and Paraguay*

Based on Moraczewska’s transnational paradigm, the border is understood as a porous line, where the State tries to contain or stimulate certain flows (Moraczewska, 2010). The border represents, therefore, a link that can be used as an instrument of integration or containment, according to the political and strategic conditions of the countries involved. In order to expand and diversify their trade agendas, South American countries have encouraged, either through regional agreements or through the construction of physical infrastructure networks, greater territorial border fluidity, that takes place in entangled illegal cross-border networks.

The Arco Central region, the Border Strip between Brazil and Paraguay is considered strategic for national security, since it is a link between the Amazon Basin, the Plata Basin, and the Paraguayan Chaco (Brasil, 2005). By prioritizing the national territory integration, post-World War II Brazilian geopolitical thought prioritized the implementation of infrastructure networks that would connect the agricultural frontier in the Midwest region to the main Brazilian urban and industrial centers, as part of a stimulus for border integration with Paraguay and Bolivia, which would constitute a “continental welding area” (Couto e Silva, 1981; p. 164). The increase in international demand for soy has caused a sharp rise in property prices in the state of Mato Grosso do Sul, which has encouraged Brazilian farmers to buy rural properties in other Brazilian states and in Paraguay (Escher and Wilkinson, 2018). Consequently, the areas of the current state of MS, Mato Grosso (MT) and Rondônia (RO) have become key to both national and South American integration, which has led Brazil, more recently, to build road and rail networks to streamline connections between the center-south of the country and the northern region, as well as with Paraguay and Bolivia.

Gradually, on the Brazil-Paraguay border, twin cities have developed a “*typical border geographic environment, which is identifiable only on the local/regional scale of cross-border interactions*” (Brasil, 2005; p. 146). These urban population centers, which may have a land or river border, are furthered by highway and bridge infrastructures and have the potential for economic and cultural integration. Nonetheless, they can also unleash border problems, such as drug trafficking and smuggling, which have deleterious effects on regional socioeconomic development. In MS, there

are six twin cities on the border with Paraguay: Bela Vista and Bella Vista, Mundo Novo and Salto del Guairá, Paranhos and Ypejhú, Ponta Porã and Pedro Juan Caballero, Coronel Sapucaia and Capitán Bado and Ponto Murinho and Carmelo Peralta (Brasil, 2019).

This intense territorial fluidity that derives from this cross-border urban integration, notably that located on land borders, undermine the defense and public security actions of state institutions and benefit the activities of criminal organizations. Arroyo (2014) understands territorial fluidity as the faculty of national territories to allow an acceleration of flows that contribute to their structuring considering the materiality of the geographical objects built to guarantee movement. On the Brazil-Paraguay border, the acceleration is due to the roads that connect the twin cities to each other and the highways that connect them to large Brazilian urban centers mentioned above, which also favor the occurrence of cross-border crimes. In that regard, the criminal groups that operate in this region, as social actors produce relationships, also of power, that overlap with State objectives. These actors “[...] produce territory from a given reality, which is abstract space. Therefore, territory is produced when all kinds of power relations are manifested, which translated in meshes, networks and centralities” (Raffestin, 1993, p. 7-8).

By appropriating a space, concretely or abstractly, an agent territorializes it. In this process of territorialization, drug trafficking is the most persistent crime. In recent years, the greatest number of police actions aimed at destroying marijuana plantations have taken place in the departments close to the border with Brazil. According to Secco (2021), approximately 80% of the marijuana produced in Paraguay, which is the world's largest producer, is for the Brazilian consumer market. It crosses to Brazilian territory mainly through the dry border between the twin cities of Bella Vista-Bela Vista and Ponta Porã-Pedro Juan Caballero. The passing through the natural border, the Paraguay River is used only when police operations take place on the dry border, transforming the cities of Porto Murinho-Carmelo Peralta into a secondary route. Cocaine trafficking mainly uses the territory of Paraguay and Brazil as a transit route. Cocaine produced in Bolivia and Peru is transported to the Brazil-Paraguay border, by air and land, mainly to Bella Vista and Pedro Juan Caballero; later, it goes to the ports of Santos and Paranaguá, to be shipped to Europe and Africa. Brazilian criminal organizations, such as *the Primeiro Comando da Capital* (the PCC group) and *the Comando Vermelho*, use socioeconomically vulnerable people to transport and secure these shipments. These organizations are also responsible for the international trafficking of weapons and ammunition (Secco, 2021).

Alongside these crimes, seizures of pesticides and illegal chemical inputs from Paraguay have increased in recent years. Between 2020 and 2021, the PRF, Federal Highway Police seized approximately 307 tons of pesticides or illegal agrochemical inputs on Brazilian highways. In MS state, approximately 17 tons (PRF, 2022). Furthermore, the Department of Border Operations of Mato Grosso do Sul recorded 15 tons in the MS Border Strip (IDESF, 2022). Regarding pesticides and agrochemical inputs, MS is the third state in the national ranking of apprehensions. Within the scope of these actions, the Brazilian BR-163 north-south route is identified as a logistical axis of the illegal pesticide market, since it connects cities with high production of grains and sugarcane. The BR-262 road, which crosses a region that is experiencing a significant expansion of agribusiness in MS, between the cities of Campo Grande and Porto Murinho, is another of these logistical axes, since it can facilitate the distribution of these illegal products to a larger population.

In order to analyze the illegal entry of smuggled pesticides into Brazil, it is important to understand the importation process of these products. As RPGs become longer and longer, their sup-

pliers become more heterogeneous and physically distant. In 2020, in Paraguay, SENAVE recorded an increase in legal imports of pesticides and chemical inputs. In 2017, the total imported was 52,000 tons, while in 2020, it was 58,000 tons. The suppliers of these products are companies located in China, Argentina, and India. Notwithstanding the legal importation, Paraguayan health standards are not compatible with those applied by ANVISA in Brazilian territory. For example, resolution 564/19 released the registration of products based on Emamectin Benzoate in any concentration (Paraguay, 2019). Until then, Paraguay allowed the importation and registration of this active principle at a maximum concentration of 10 %, which was twice the concentration allowed in Brazil (Barros and Amadori, 2021). This asymmetry between health standards strengthens the importance of apprehensions on the Brazil-Paraguay border.

Emamectin Benzoate is recognized in the agricultural environment and among public security institutions as one of the most smuggled agrochemical inputs in Brazil (Campo Grande News, 2022). It is generally transported illegally across the borders between Brazil and Paraguay, as only one company has a sanitary authorization to produce and market pesticides based on 5 % Emamectin Benzoate in Brazil. It is a controlled active principle, indicated for use in soybean, corn, bean, and cotton crops. The use in improper proportions generates increasing resistance to “plagues”, and presents human and environmental risks (EMBRAPA, 2022).

The illegal entry of Emamectin Benzoate into Brazil, via Paraguay, takes place both by theft and mainly by smuggling, due to the significant discrepancies in permitted concentrations between Paraguayan and Brazilian legislation. Table 1 shows that, after the approval of resolution 564/19 in Paraguay, companies imported agrochemical inputs with Emamectin Benzoate at a concentration greater than 5 %, totalizing more than 111 tons. Part of this cargo has been smuggled to Brazil.

Table 1: Importation of Emamectin Benzoate by Paraguay [2019-20]

Year	Concentration	Total (tons)
2019	25 %	8
	30 %	4.5
	95 %	14.5
2020	30 %	73.6
	40 %	4
	95 %	7

Source: adapted from Barros and Amadori (2021)

According to SENAVE (2020), cases of misuse or falsification of pesticides in Paraguay occur mainly in the region of Asunción, the national capital, and in areas close to the border with Brazil, which are the largest grain producers in the country. Since there is an extensive dry border in this region, access to Brazilian territory, mainly through urban areas of twin cities, is more fluid.

Table 2: Seizures of pesticides and agrochemical inputs in MS (tons)

YEAR	PRF	DOF-MS
2019	20.5	1.03
2020	17.9	5.91
2021	14.0	10.97

Source: adapted from PRF (2022) and Barros and Amadori (2021)

Data from seizures carried out by Brazilian public security institutions demonstrate the magnitude of the illegal pesticide market. In 2020, certified companies sold 44,603 tons of pesticides in MS state (Brasil, 2022c). Consequently, the total seized represents approximately 0.06 % of the overall sold in the state. Although apparently small, this amount can cause harmful effects on a large scale. Based on the Pearson Correlation Index, which establishes parameters between pesticide consumption and planted area, between 2001 and 2019, MS state used 0.011 tons of pesticides per hectare (Mato Grosso do Sul, 2022a). Consequently, the total amount of illegal pesticides seized in 2021 would be sufficient for at least 6391 hectares. However, according to Vittorazzi (2022), the amount of pesticides and illegal agrochemical inputs used could be much higher: it would supply up to 25 % of MS state's planted area. In the first half of 2022, the total number of seizures carried out by the DOF-MS reached 40.8 tons (data obtained in field research, 2022), while the PRF recorded a seized amount of 50.9 tons (BRASIL, 2022c). Approximately 43 % of these seizures took place in the city of Maracaju, Brazil. Located in the center-south of MS, this city, along with Dourados and Ponta Porã, is one of the largest regional grain production centers. In the city of Ponta Porã, on the border with Paraguay, 37 % of seizures took place; and 6.1 % of the total number of apprehensions occurred in the city of Dourados (Silva, 2022). These cities have something in common: they are located on the land Brazil-Paraguay border.

According to Colonel Wagner da Silva, director of DOF-MS, the increase in pesticide and input seizures on the border between MS and Paraguay has two main sets of causes. The first is the large profit margin, the easiness to sale and relatively low penalty compared to other smuggling crimes. The high profitability makes up for the risks of losing smuggled cargo. This is reinforced by the great demand coming from the MS agricultural activity. These favorable aspects tend to encourage the intensification of cross-border illicit flows related to the agrochemical market. The second set is related to the increase in police operations and better equipment in border security. Seizures of illegal pesticides inexorably depend on, for example, technical reports attesting to the irregular chemical characteristics of the cargo (Silva, 2022).

The intensification of operations and seizures on the MS land border with Paraguay has increased criminal groups' losses, notably those that are part of the illegal pesticide market. According to Gilmo França, a PF special agent, *"the imposition of material or pecuniary losses is the main police instrument to combat cross-border crimes, especially in a region as vulnerable to these crimes as the border between Brazil and Paraguay"* (França, 2021). In short, substantial profit margins and growing demand coming from Brazilian agribusiness encourage cross-border criminal groups both to face greater risks of apprehending illegal agrochemicals and to seek alternative routes to transport these products into Brazilian territory. Thus, the increase seizures is the result of a larger number of operations and investments in public safety.

4. Discussion

4.1. Will the LAIR be an instrument of territorial fluidity for illegal agrochemicals?

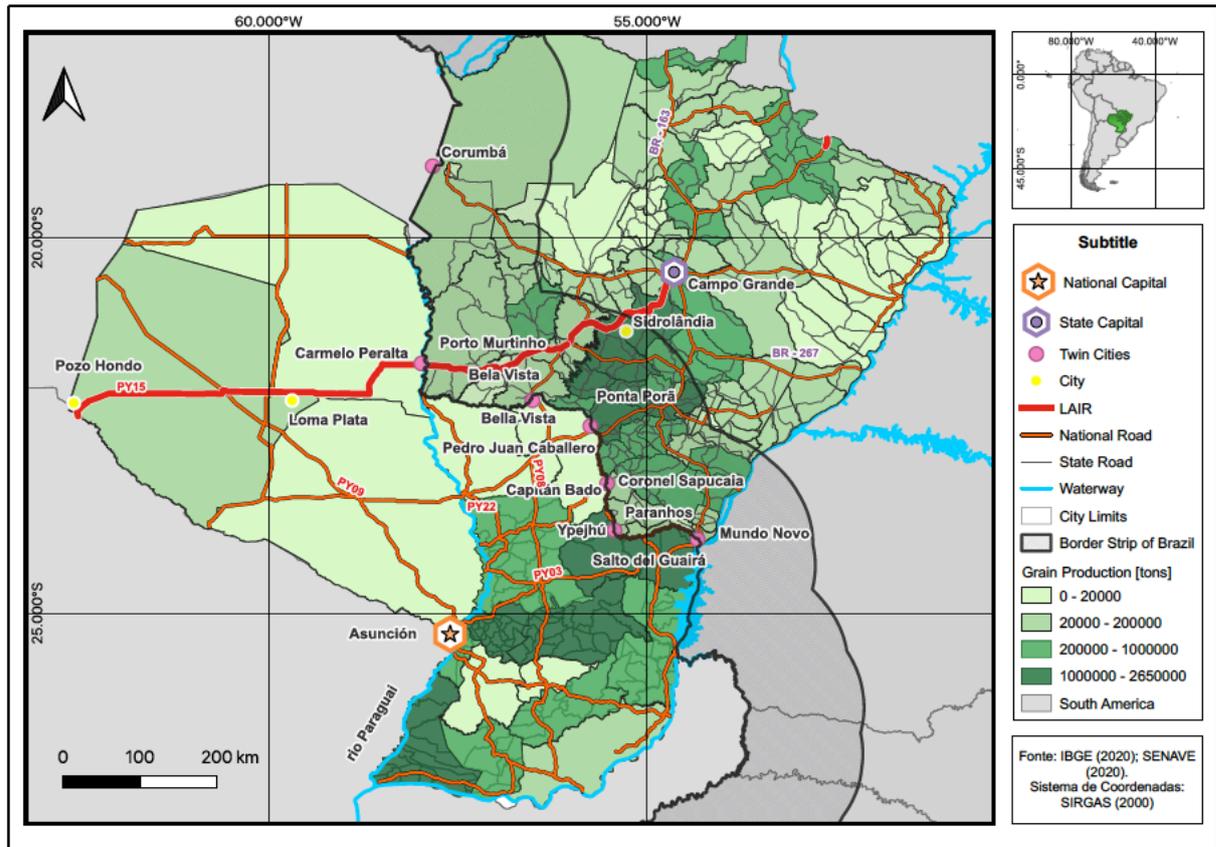
Border integration between Brazil and Paraguay is a broader process that will increase territorial fluidity between twin cities. Within the scope of strategic physical networks, despite the decline of the Union of South American Nations, which had a structure designed to plan and promote the sub-regional infrastructural integration, the Brazilian and Paraguayan authorities have developed a broad integration agenda. In addition to the Integration Bridge, which will be the second

road connection between the cities of Foz do Iguaçu, in the state of Paraná, Brazil, and Presidente Franco, in the department of Alto Paraná, Paraguay, the International Bridge between Porto Murtinho, MS, and Carmelo Peralta, Alto Paraguay, Paraguay, is also under construction (Vilela, 2022). This link between Porto Murtinho and Carmelo Peralta is part of LAIR, a bioceanic road corridor that will provide greater logistical fluidity between Brazil, Paraguay, northern Argentina and Chile, and intends to stimulate socioeconomic development, for example, in the Border Strip of Brazil, in MS (Bitencourt, 2021).

Space appropriation by illegal smuggling pesticide groups reorganizes the territory by implementing of new cuts and connections (Raffestin, 1993, p. 143-144). Within the scope of LAIR, a redefinition of territory emerges that stems from the territorial structure of the State and of networks, circuits and flows, also called territory vertebrae (Vallaux, 1914), which interconnect central regions and nodal points of it to the peripheral and border regions and points. Illegal market flows take advantage of this structure, as they redefine it with new functions, in this case, the transit of illicit that supply an overlapping territorial network that emerges from this superimposed fluidity. Thereby, territory surfaces as an arena of conflicts between circuits of legality and illegality in certain areas. In this way, the territorial capillarity available by LAIR, together with the significant availability of secondary roads, present logistical potential to streamline commercial links between pesticides and illegal agrochemical inputs suppliers and consumers, both within the MS and in other regions from Brazil. Thus, a new territorial configuration is produced, composed of overlapping networks of illegal and illegal activities, which are articulated with the supply and demand of agribusiness agrochemicals.

The International Bridge over the Paraguay River, between the cities of Porto Murtinho and Carmelo Peralta, which is under construction, is a fundamental logistical link to connect the northern region of Paraguay, the Gran Chaco, to the west of MS, the Pantanal. Both in Paraguayan territory, in the Departments of Boquerón and Alto Paraguay, and in Brazil, in the extreme southwest of MS, there are flat areas covered with grasses, with low population density, predominance of livestock activities and significant road distances between small and medium-sized urban centers. These characteristics make it difficult to carry out police operations to combat cross-border crimes, since they hamper, for example, the surprise factor of operations. Despite the favorable conditions for criminal organizations to operate, *“the latitudinal route of the Paraguay River, which determines the international boundaries between Brazil and Paraguay, partially blocks transnational illicit flows”* (Reis, 2022). In addition to the river surveillance carried out by the Brazilian Navy, the high costs of crossing Porto Murtinho to Carmelo Peralta by ferry, vary between R\$ 300 and R\$ 1200 (data obtained in field research, 2022). The ferry's loading and unloading operations, in turn, are more susceptible to police approaches, which tend to keep transporters of illicit products away from this logistical alternative.

Figure 1: Road network and grain production in MS, Brazil, and Paraguay [2021]



Source: own elaboration; data from IBGE (2020) and SENAVE (2020).

During the construction of LAIR, the city of Porto Murtinho has received public investments aimed at improving security and border control. In addition to the implementation of a PRF post and the expansion of the Brazilian Federal Treasury unit in Porto Murtinho, the city is now covered by the Integrated Border Monitoring System (SISFRON) (data obtained in field research, 2022). SISFRON is a sensing and decision support system for strategic operations, based on integrated actions, whose purpose is to strengthen the presence and monitoring conditions and State actions in the Brazilian Border Strip, which enhances the effectiveness of the defense and security institutions in this area (Brasil, 2022d). Despite the strategic importance of these investments, the regional and international flows resulting from the construction of a bioceanic road corridor enhance the porous nature of the Brazil and Paraguay border.

Against this background, Chilean ports emerge as potential import and storing centers for agrochemicals and chemical inputs from Asian suppliers. Currently, Asunción International Airport is one of the main vectors for importing pesticides and agrochemicals sold in the country. According to Barros and Amadori (2021), approximately 12 tons of Emamectin Benzoate were seized by the Paraguayan police at the airport facilities between 2014 and 2017. Thus, for Colonel Wagner of the DOF-MS, *“the conclusion of LAIR could be a new road vector that will transport illicit products, including pesticides and chemical inputs”* (Silva, 2022).

Between the cities of Porto Murtinho and Campo Grande, the longitudinal route of LAIR passes through important areas of grain cultivation, notably soybean and corn, which are potential consumers of illegal pesticides and agrochemicals, as shown in Figure 1. In the city of Campo

Grande, LAIR connects with the BR-163 highway, which is an integration vertebra for the western territorial portion of Brazil. Implemented during the 1960s, the BR-163 highway initially sought to provide territorial fluidity to the agricultural frontier, which had been planned by the federal government to attract migrants and integrate the western portion of Brazilian territory into the larger Brazilian urban centers. Currently, this highway represents a strategic logistical axis for grain flow produced in MS, which also qualifies it as an essential route for the transportation and distribution of illegal pesticides. According to Barros and Amadori (2021), between 2018 and 2021, BR-163 highway had the largest number of pesticide seizures in Brazil: 54.8 tons. Consequently, LAIR will provide greater geographic capillarity for the transportation and distribution of illegal pesticides and agrochemical inputs, making this market even more profitable.

5. Conclusion

Agribusiness is an essential socioeconomic sector in the border between Brazil and Paraguay. Derived from Brazilian public policies and determined by geopolitical purposes, the border overflow of agribusiness into Paraguayan territory has caused the emergence of new regional territorial dynamics. As an instrument of South American integration of physical infrastructure networks, the LAIR has triggered relevant territorial transformations in the extreme west of the MS state, on the border with Paraguay: in parallel with commercial and productive gains, cross-border illicit flows increase in intensity and scope.

The illegal market, which has Asuncion, the Paraguayan capital, as the main import center, can use LAIR route to transport and distribute pesticides and agrochemical inputs in Brazil. Despite recent investments in surveillance and protection on the Brazil - Paraguay border, the river section of it does not have the security mechanisms that exist on the land border. In this regard, the completion of the international bridge between Porto Murtinho and Carmelo Peralta can encourage the flow of these illicit products, given the road capillarity between regions of great agribusiness production as in MS state.

The lack of public health and safety policies for the river border of MS favor the territorialization of cross-border networks of illicit activities, which, therefore, have the potential to cause prejudicial effects, both in the pesticides and agrochemical inputs of legal markets as in consumers and local food security production. In this context, the construction of the RILA represents a double-edged sword: it can promote both socioeconomic development in a poor region and logistical accessibility for cross-border criminal organizations, notably those operating in the illegal agrochemicals market. Despite the existence of a vast legal framework and public policies that aim to provide the Border Strip with security and regional development, the inefficiency of these initiatives is still a challenge for Brazilian and Paraguayan authorities.

References

- Albuquerque, J. L (2010). *A dinâmica das fronteiras: os brasiguaios na fronteira entre o Brasil e o Paraguai*. Sao Paulo: Annablume.
- Barros, L. S (2019). *O contrabando de defensivos agrícolas no Brasil*. Foz do Iguaçu: IDESF. Retrieved from: <https://www.idesf.org.br/2019/06/24/o-contrabando-de-defensivos-agricolas-no-brasil/>
- Barros, L. S; Amadori, L (2021). *O mercado ilegal de defensivos agrícolas no Brasil*. Foz do Iguaçu: IDESF. Retrieved from: <https://www.idesf.org.br/2021/08/10/mercado-ilegal-de-defensivos/>

- Bitencourt, J. (2021) La construcción de la RILA entre Argentina, Brasil, Chile y Paraguay y los nuevos usos territoriales en el municipio de Porto Murтинho en Brasil. *Geopolítica(s)*. Revista de estudios sobre espacio y poder; 12 (2), 207-229. Doi: <https://doi.org/10.5209/geop.69923>
- Brasil. Solicitar avaliação toxicológica (July 22, 2022a). Saúde e fiscalização sanitária. Brazilian Health Regulatory Agency. Retrieved from: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/solicitar-avaliacao-toxicologica>
- Brasil. Solicitar avaliação toxicológica (July 22, 2022b). Registrar agrotóxico (August 19, 2022). Cadastramento e certificação. Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. Retrieved from: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/registrar-agrotoxico>
- Brasil. Solicitar avaliação toxicológica (July 22, 2022c). Portal de informações agropecuárias (July 27, 2022). Produtos 360°. Brazilian Food Supply Company. Retrieved from: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>
- Brasil. Solicitar avaliação toxicológica (July 22, 2022d). Relatórios de comercialização de agrotóxicos de 2022. Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources. Ministry of Environment and Climate Change Retrieved from: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>
- Brasil. Solicitar avaliação toxicológica (July 22, 2022e). Integrando capacidades na vigilância e na atuação em nossas fronteiras (June 20, 2022). In: Ministry of Defense. Command of the Brazilian Army. Project Office. SISFRON. Retrieved from: <http://www.epex.eb.mil.br/index.php/sisfron>
- Brasil. Solicitar avaliação toxicológica (2021a). Painéis de informações de agrotóxicos. In: Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources. Ministry of Environment and Climate Change. Retrieved from: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/paineis-de-informacoes-de-agrotoxicos#Painel-comercializacao>
- Brasil. Solicitar avaliação toxicológica (2021b). Avaliação ambiental para registro de agrotóxicos, seus componentes e afins de uso agrícola de 2021. In: Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources. Ministry of Environment and Climate Change. Retrieved from: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/avaliacao-ambiental/avaliacao-ambiental-para-registro-de-agrotoxicos-seus-componentes-e-afins-de-uso-agricola>
- Brasil. Solicitar avaliação toxicológica (2014). Lei 13.008. In: Presidency of the Republic of Brazil. Secretary for Legal Affairs. Retrieved from: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13008.htm
- Brasil. Solicitar avaliação toxicológica (2005). Proposta de Reestruturação do Programa de Desenvolvimento da Faixa de Fronteira. In: Ministry of National Integration. Retrieved from: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/publicacoes/Introduo-e-antecedentes.pdf>
- Brasil. Solicitar avaliação toxicológica (1989). Lei nº 7.802. In: Presidency of the Republic of Brazil. Secretary for Legal Affairs. Retrieved from: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm
- Brasil. Solicitar avaliação toxicológica (1979). Lei nº 6.634. In: Presidency of the Republic of Brazil. Secretary for Legal Affairs. Retrieved from: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6634.htm
- Campo Grande News (September 12, 2022). Receita apreende 3 toneladas de agrotóxicos contrabandeados. Retrieved from: <https://www.capitaldopantanal.com.br/geral/receita-apreende-3-toneladas-de-agrotoxicos-contrabandeados/547727/>
- Couto e Silva, G. (1981) *Conjuntura política nacional: o Poder Executivo & Geopolítica do Brasil*. Rio de Janeiro: J. Olympio.
- Davis, J. H.; Goldberg, R. A (1957). *A Concept of Agribusiness*. Boston: Division of Research, Graduate Scholl of Business Administration, Harvard University.
- Dorfman, A; Rekowsky, C. J. Geografia do contrabando de agrotóxicos na fronteira gaúcha. In: *Encuentro de Geógrafos de América Latina de 2011*. Costa Rica. Annals.
- EMBRAPA (2022). Perguntas e respostas sobre o uso do Benzoato de Emamectina. In: Brazilian Agricultural Research Corporation. Available in: <https://www.embrapa.br/perguntas-e-respostas-sobre-o-uso-do-benzoato-de-emamectina>
- Escher, F; Wilkinson, J (2019). A economia política do complexo Soja-Carne Brasil-China. In: *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 57(4), 656-678. Retrieved from: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.191017>
- Estadão (2021). Conheça como são aplicados os 5 principais agrotóxicos no Brasil em 2021. *Jornal Estadão*. Available in: <https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/conheca-como-sao-aplicados-os-5-principais-agrotoxicos-no-brasil/>
- França, G. S. (October 2nd, 2021). Interview granted to Jackson Bitencourt. Open-ended questions. Digital recording.

- Gomes, M. A. F.; Barizon, R. R. M (2014). Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011. Brazilian Agricultural Research Corporation. Retrieved from: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/987245/1/Doc98.pdf>
- Huertas, D. M. (2007). Da Fachada Atlântica ao Âmago da Hileia: integração nacional e fluidez territorial no processo de expansão da fronteira agrícola (Master's thesis). University of Sao Paulo, Sao Paulo. Retrieved from: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-09102007-140247/pt-br.php>
- IBGE (2020). Cidades e Estados. Mato Grosso do Sul. Panorama. In: Brazilian Institute of Geography and Statistics. Retrieved from: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/panorama>
- IDESF (September 20, 2022). Apreensões de agroquímicos contrabandeados em 2022 chega a ser 10 vezes maior do que em 2021 na fronteira Oeste do PR e MS. In: Institute for Economic and Social Development of Borders. Retrieved from: <https://www.idesf.org.br/2022/09/20/apreensoes-de-agroquimicos-contrabandeados-em-2022-chega-a-ser-10-vezes-maior-do-que-em-2021-na-fronteira-oeste-do-pr-e-ms/>
- King, R; Boehlie, M; Cook, M; and Sonka, S (2010). Agribusiness, Economics and Management. In: American Journal of agricultural Economics, Vol. 92, pp. 554-570. Retrieved from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1093/ajae/aaq009>
- Martinez, A (2022). Conceito de Agrotóxico. Sao Paulo: Multidimensional Security School.
- Mato Grosso do Sul (2022a). Agrotóxicos. Animal and Vegetal Health Protection Agency of Mato Grosso do Sul. Retrieved from: <https://www.iagro.ms.gov.br/agrotoxicos-2/>
- Mato Grosso do Sul (2022b) . Relação de estabelecimentos com registro na IAGRO-MS para atividades com agrotóxicos e afins (March 29, 2019). In: Mato Grosso do Sul Animal and Vegetal Health Protection Agency. Retrieved from: <http://www.iagro.ms.gov.br/wp-content/uploads/2019/03/Relação-de-Revendas-de-Agrotóxicos-e-Prestadores-de-Serviço-Registados-na-IAGRO-29.03.2019.pdf>
- Mattos, C. M (1990). Geopolítica e teoria de fronteiras: fronteiras do Brasil. Rio de Janeiro: Brazilian Army Library.
- Moraes, R. F (2019). Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória. Rio de Janeiro: Brazilian Institute of Applied Economic Research. Retrieved from: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9371/1/td_2506.pdf
- Moraczewska, A. (2010). The changing interpretation of border functions in international relations. *Revista Română de Geografie Politică, Oradea*, v. 12, n. 2, p. 329-340. Retrieved from: http://rrgp.uoradea.ro/art/2010-2/11_RRGP-202-Moraczewska.pdf
- North, D. (1991). Institutions. In: *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 5, Number 1, pp. 97-112. Retrieved from: <https://www.jstor.org/stable/1942704>
- Paraguay (2020). Anuário estatístico. In: Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas. Retrieved from: <https://www.senave.gov.py/publicaciones>
- Paraguay (2019). Resolución 564. Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas. Gobierno Nacional. Retrieved from: <https://www.cafyf.org/archivos/normas/RESOLUCIONES/59-2019%20RESOLUCION%20564%20EMAMECTINA.pdf>
- Paraguay (2009). Ley 3742. Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas. Gobierno Nacional. Retrieved from: <http://web.senave.gov.py:8081/docs/resoluciones/senave/Res250.pdf>
- Paraguay (1991). Ley 123/91. Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas. Gobierno Nacional. Retrieved from: <http://web.senave.gov.py:8081/docs/web/leyes/Ley123-91.pdf>
- PRF (2022). Observatório de dados. Agrotóxicos. In: Federal Highway Police. Retrieved from: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiM2RkMjYyMWYtZjAyZi00ZTBkLTg0MTctYzljYzFjOTAwOWI0IiwidCI6ImU4ZjU4NDllLTViMTUtNGMyZi1iNGYzLTAzODZiNjA0OTcxZSJ9>
- Raffestin, C. (1993). Por uma geografia do poder. Sao Paulo: Ática.
- Reetz, H. F. (2017). Fertilizantes e seu Uso Eficiente. Sao Paulo: Brazilian Association for the Promotion of Fertilizers. Retrieved from: <https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>
- Reis, P. (April 20, 2022). Police chief in Porto Murtinho city. Interview granted to Jackson Bitencourt. Open-ended questions. Digital recording.
- Secco, E. (March 15, 2021). As rotas do narcotráfico na América do Sul. Webinar hosted by IDP. Retrieved from: <https://www.youtube.com/watch?v=sFxSnoQ-anM&t=7s>

- Silva, W. F. (September 20, 2022). Director of Department of Border Operations of Mato Grosso do Sul. Interview granted to Jackson Bitencourt. Open-ended questions. Digital recording.
- Vallaux, C. (1914). *Geografía social. El suelo y el Estado*. Madrid: Daniel Jorro Editor.
- Vilela, P. R. (June 3rd, 2022). Segunda ponte entre Brasil e Paraguai tem 84% da obra concluída. Brazil News Agency. Retrieved from: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2022-06/segunda-ponte-entre-brasil-e-paraguai-tem-84-da-obra-concluida>
- Vittorazzi, D. (September 16, 2022). Mercado ilegal representa 25 % dos agrotóxicos vendidos no Brasil. O Eco. Retrieved from: <https://oeco.org.br/reportagens/mercado-ilegal-representa-25-dos-agrotoxicos-vendidos-no-brasil/>

Conflict of interest

The authors of this work declare that there is no conflict of interest of any kind.

Análisis de susceptibilidad de aludes en la carretera del puerto de Somiedo (Asturias) y divulgación a través de Realidad aumentada

Snow avalanches susceptibility on the Somiedo road (Asturias) and its dissemination through Augmented Reality

ENRIQUE DEL VALLE GRANDA¹  0000-0002-7620-2595

SALVADOR BEATO BERGUA¹  0000-0001-5538-7685

CARMEN RODRÍGUEZ PÉREZ¹  0000-0002-2065-7515

DANIEL HERRERA ARENAS¹  0000-0002-5900-4730

¹ Universidad de Oviedo. España.

Resumen

La intensa actividad nivológica en la media y alta montaña de la Cordillera Cantábrica produce la acumulación de importantes espesores de nieve que pueden desencadenar aludes, poniendo en riesgo las vidas humanas y las infraestructuras. Es por ello por lo que en este trabajo se realiza un análisis general a través de SIG de los condicionantes responsables del desencadenamiento de aludes sobre el valle de Somiedo, en el suroccidente del Principado de Asturias. A este análisis se añade la información proporcionada por el trabajo de campo, la fotointerpretación, las entrevistas y las fuentes históricas, con el fin de conocer el resultado de la actividad de las avalanchas de nieve, especialmente de las que afectan a la carretera del Puerto de Somiedo (AS-227), en concreto en el tramo comprendido entre los pueblos de Caudedo y Santa María del Puerto. Se aporta, además, cartografía del entorno del valle, destacando por su interés el mapa de vegetación y los mapas de susceptibilidad y de vulnerabilidad de aludes sobre la carretera, exponiendo propuestas de intervención a fin de mitigar el riesgo. Además, se desarrollan materiales de realidad aumentada para divulgar los resultados de este estudio y conocer la dinámica de este fenómeno nivológico.

Palabras clave: aludes; Realidad Aumentada; SIG; cartografía; riesgos naturales.

Fechas • Dates

Recibido: 2022.11.04

Aceptado: 2023.10.20

Publicado: 2024.05.30

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Enrique del Valle Granda
enrique.delvallegranda@gmail.com

Abstract

The intense snow activity in the medium and high altitude of the Cantabrian division mountains produces an accumulation of significant thickness of snow that unchains forceful avalanches that put human lives and infrastructure at risk. For this work, a general analysis is carried out through GIS of the conditions for the triggering of avalanches in the Somiedo valley, southwest part of the Principality of Asturias. It is added to this analysis the information observed during the fieldwork, photo-interpretation, interviews and historical sources, in order to realize the damage caused by these processes to the vegetation and infrastructure, especially on the AS-227, between the villages of Caunedo and Santa Maria del Puerto. Cartography of the valley's environment is also provided: maps of vegetation, susceptibility and risk on the road. In addition, the development of AR in different media is proposed to host this cartography and in order to allow the viewer a more interactive and academic analysis on the study of avalanche risk.

Keywords: snow avalanches; augmented reality; GIS; natural risks.

1. Introducción

Los aludes suponen uno de los procesos geomorfológicos y nivológicos más competentes y generalizados en la dinámica de vertientes de la media y alta montaña de las latitudes frías y templadas. El crecimiento en las últimas décadas de las actividades de ocio y deportivas en la montaña española, tales como el esquí, el senderismo o la escalada, supone un aumento considerable del riesgo de producirse daños personales a consecuencia del desencadenamiento de avalanchas de nieve (Vada et al., 2012). Además, la concentración de infraestructuras en las zonas de altitud media (como ocurre en el Macizo Asturiano donde se acopian grandes volúmenes de nieve y el relieve es abrupto), la capacidad morfogenética de los aludes y el riesgo que producen es también sobresaliente (Poblete, Beato y Marino, 2019). Así lo demuestran los estudios sobre los aludes y su cartografía en toda la Cordillera Cantábrica, siguiendo la estela de los trabajos pioneros en los Pirineos desde finales de los años ochenta del siglo pasado (ver, p.e., Mases, 1991, 1997; Furdada, 1996; Julián et al., 2000). A pesar del precursor trabajo geomorfológico de Castañón (1984) en el sector suroriental de Peña Ubiña, los estudios sobre los aludes cantábricos se han desarrollado más recientemente, destacando las investigaciones de Marquínez et al. (2003), Wozniak y Marquínez (2004), Santos et al. (2010), Vada et al. (2011) y Serrano et al. (2016; 2017), así como los trabajos del Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo sobre aludes desde la perspectiva historicista y pedagógica (García-Hernández et al., 2014, 2017 y 2019), ecológica y paisajística (García-Hernández et al., 2017; Beato, Poblete y Marino, 2017 y 2019); cartográfica y aplicada (Poblete, Beato y Marino, 2016 y 2019; Beato, Poblete y Marino, 2018 y 2019). Sin embargo, la zona occidental del Macizo Asturiano apenas ha sido recogida por el trabajo general cartográfico sobre los riesgos naturales en Asturias de Marquínez et al. (2003) y por Santos et al. (2010) en la vertiente leonesa del Alto Sil.

Por otro lado, el uso de la Realidad Aumentada (RA), esto es, la combinación de técnicas que permite incrementar la información del entorno en el que nos desenvolvemos con elementos virtuales a través de soportes digitales, está siendo aplicado a los análisis del medio natural. Los estudios geográficos están incorporando RA, especialmente, para la divulgación de resultados académico-científicos sobre patrimonio natural y paisajístico de medios rurales (Beato et al., 2020; González et al., 2020; Marino et al., 2021; Poblete et al., 2022). En lo que se refiere a los riesgos naturales, la potencial utilidad de la RA se está desarrollando en los últimos años, con

aplicaciones relacionadas con los aludes como *IdAllau*, del Instituto Geológico de Cataluña y la Universidad de Girona, que permite la visualización desde el móvil, incluso sin cobertura, de la cartografía de aludes (Pérez et al., 2013). Este tipo de aplicaciones, más desarrolladas, bien podrían ser utilizadas para evitar los accidentes por aludes en las carreteras que atraviesan las laderas de media montaña asturianas, tan transitadas como susceptibles de verse afectadas por aludes (Beato, Poblete y Marino, 2019; Poblete, Beato y Marino, 2019 y 2020). Se podrían evitar así, muertes como las de los dos operarios de la carretera del puerto de San Isidro, arrastrados por un alud mientras la limpiaban y socorrían a personas atrapadas por la nieve en enero de 2021 (La Voz de Asturias, 2/1/2021). Hechos de esta magnitud pueden acontecer en vías de comunicación asturianas transitadas como la AS-227 o carretera Puente San Martín – Somiedo que cruza la divisoria cantábrica sirviendo de conexión entre Asturias y Castilla y León. Varios tramos de la carretera son afectados con cierta frecuencia por aludes inhabilitando el paso por la calzada y poniendo en riesgo a infraestructuras y personas. A pesar de que desde el punto de vista geomorfológico se han realizado numerosos estudios sobre las formas glaciares y periglaciares, así como acerca de los movimientos en masa (Muñoz, 1980; Castañón, 1989; Menéndez, 1995; Menéndez y Marquínez, 1996; Rodríguez, 2016; Frochoso, 2017), no se ha prestado una especial atención a los aludes. En este sentido, no se ha analizado la peligrosidad de este fenómeno aun teniendo en cuenta que en este sector la acumulación de importantes espesores nivales en invierno produce avalanchas de nieve que comprometen la seguridad. Así pues, el principal objetivo de este trabajo es realizar dicho análisis poniendo especial atención a lo que acontece en la carretera AS-227.

Además de realizar un estudio de la susceptibilidad por aludes en la carretera que asciende al puerto de Somiedo, planteamos la posibilidad de introducir la RA en el análisis y en la divulgación de los resultados. A priori, la RA podría favorecer un mayor conocimiento territorial y ayudar a que las personas que utilicen dicha infraestructura sean conscientes de las zonas más susceptibles de ser afectadas por aludes.

El área de estudio se localiza en la zona suroccidental del Principado de Asturias, concretamente, en la cabecera del valle de Somiedo. Por tanto, se trata de la cara norte de la divisoria de aguas cantábrica drenada por el río Somiedo. El trabajo se centra en la carretera AS-227, más precisamente en el tramo que va desde el pueblo de Caunedo (km. 42) hasta el de Santa María del Puerto (km. 51), ocupando una superficie total de 20,35 km² dentro del término municipal de Somiedo (Fig. 1). Atendiendo a los límites geográficos, el área de estudio se sitúa al este de la sierra del Páramo, al noroeste de la de Robezo y al oeste de la de Peñalba.

En términos generales la disposición y orografía del relieve presenta grandes desniveles, con diferencias de hasta 1.000 metros entre el fondo de valle (Caunedo, 970 m s.n.m) y las mayores elevaciones (El Alto de Putracón, 1.909 m s.n.m). Estos cordales se disponen generalmente con dirección NO-SE, en concordancia con el trazado del Sinclinal de Saliencia, generando una organización territorial en valles aledaños entre sí fruto de la erosión diferencial y varias dinámicas morfogénicas (glaciar, periglaciar, fluvial).

Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia a partir de las bases cartográficas digitales del IGN.

Desde el punto de vista geológico, el valle de Somiedo se halla en la Región de Pliegues y Mantos. Destacan aquí la alternancia de materiales devónicos (calizas, areniscas y pizarras) dispuestas en pliegues NO-SE originando crestas y valles. En efecto, la orogenia alpina motivó la reactivación de la erosión diferencial, dando lugar a una configuración de afloramientos de materiales resistentes que arman los relieves destacados, al tiempo que el desmantelamiento de los materiales más deleznable permitió la apertura de amplios valles. Posteriormente, durante el Cuaternario, los procesos erosivos glaciares, periglaciares y fluviales vinieron a retocar la morfología heredada, modelando un relieve variado de indudable interés geomorfológico.

Así pues, buena parte del área de estudio se vio afectada por el glaciario, dando lugar a la formación de un amplio valle glaciar recorrido en la actualidad por el río Somiedo. Además del valle en artesa, el catálogo de formas y formaciones glaciares incluye la presencia de circos glaciares en las vertientes de umbría, con morrenas frontales, además de depósitos fluvio-glaciares ocupando el fondo del valle. Una vez iniciada la retirada del hielo tiene lugar el comienzo de la colmatación de las vertientes y del fondo de la artesa glaciar por dos mecanismos de gran trascendencia en el espacio que nos ocupa. En primer lugar, el debido a los aportes torrenciales laterales que han dado lugar a la formación de numerosos conos de deyección en las salidas de las principales canales, algunos de ellos de dimensiones considerables. El segundo de los mecanismos, de enorme capacidad de movilización de material (por la descompresión y desestabilización de las laderas), es el protagonizado por los voluminosos movimientos en masa. Así, se han identificado hasta cinco grandes movimientos en masa, siendo uno de ellos, el de La Peral, junto al *debris flow* del Llamardal, el Punto de Interés Geológico CA017 por las peculiaridades de su tamaño.

Respecto al resultado de la actividad periglaciares cabe mencionar extensos taludes de derrubios activos e inactivos como resultado de la erosión de las crestas culminantes y la movilización de los materiales ladera abajo. Igualmente, se han identificado glaciares rocosos y canales de aludes junto con sus depósitos.

No obstante, la actividad periglaciares actual es muy reducida comparada con la de etapas frías pleistocenas. Dada la localización de la zona y su relativa cercanía al mar, nos encontramos ante un clima de tipo oceánico de temperaturas suaves y precipitaciones abundantes. En el rango altitudinal entre los 1.000 y los 1.500 m s.n.m. hallamos un clima de tipo Cfsc, con unas precipi-

taciones de 1.000 - 1.400 mm y hasta 8 meses de temperatura media inferior a los 10 °C (AEMET & IPMA, 2011), favoreciendo la precipitación en forma de nieve durante los meses más fríos (Muñoz, 1982). La cubierta vegetal presenta el mosaico característico de la montaña oceánica con una marcada estratificación altitudinal. Así pues, en aquellas áreas más elevadas se desarrolla vegetación subalpina, casmofítica y de gleras. Los pastizales y herbazales, aprovechados como pasto por el ganado vacuno, ocupan las áreas menos pindias de las principales elevaciones. Los piornales, aulagares y brezales son las principales formaciones arbustivas colonizando las áreas de mayor pendiente mientras que las avellanedas forman cubiertas arborescentes en sectores con taludes de derrubios inactivos que comienzan a fitoestabilizarse. Hayedos, robledales y abedulares son las formaciones arbóreas dominantes sobre las laderas medias del valle, especialmente, en las zonas de umbría. Por último, las saucedas se desarrollan en las orillas de los ríos más importantes que transcurren en los fondos de valle entre prados de siega con cierres vegetales (sebes).

Así pues, el paisaje expresa una economía agraria y silvopastoril en proceso de decrecimiento, como en otras montañas ibéricas. Destacan las extensas áreas forestales y de matorral y la concentración de la presencia antrópica en torno a las infraestructuras y algunos núcleos poblacionales de poca entidad como La Peral, Caunedo y Santa María del Puerto.

2. Metodología

Para la elaboración de este trabajo se ha seguido la metodología clásica de análisis de riesgos naturales acopiando toda la información disponible tanto bibliográfica, cartográfica y fotográfica como sobre el terreno mediante trabajo de campo. A partir de esto se ha elaborado una base de datos que se ha integrado con su representación cartográfica en un SIG para realizar los cálculos de superficies pertinentes. Por otra parte, se han desarrollado materiales para ser utilizados mediante RA, tanto en el análisis como en la divulgación de resultados, que se han integrado en el trabajo.

2.1. Revisión bibliográfica, cartográfica y hemerográfica

Se ha efectuado una exhaustiva revisión bibliográfica y cartográfica a través de la búsqueda de investigaciones y trabajos sobre el medio natural y las actividades antrópicas del ámbito de estudio en bibliotecas, repositorios institucionales e Internet. A este respecto, se ha prestado especial atención a los temas relacionados con los aludes y su desencadenamiento. En cuanto a la cartografía, se ha consultado la hoja 0076-2 Pola de Somiedo del Mapa Topográfico Nacional 0076-2; la Hoja 76-11(6) de Pola de Somiedo del MAGNA50; el Mapa Geomorfológico de Menéndez (1996) y el de Rodríguez (2015); así como la Cartografía Temática Ambiental del Sistema de Información Territorial del Principado de Asturias.

Igualmente, se ha accedido al Archivo Histórico Digital del Principado de Asturias, toda vez que alberga noticias, imágenes y documentos históricos de interés para la investigación. Por otra parte, se han realizado búsquedas en diferentes repositorios y hemerotecas con el fin de conocer las noticias en prensa relacionadas con la dinámica de los aludes. Para ello se ha accedido a las hemerotecas de los tres principales periódicos asturianos, esto es, La Nueva España, El Comercio y La Voz de Asturias. Además, se ha consultado la Biblioteca Virtual de la Prensa Pública, organismo del Ministerio de Cultura y Deporte. Por último, las noticias en medios digitales han sido rastreadas a partir de la búsqueda de palabras clave en buscadores de Internet.

2.2. Fotointerpretación

La fotointerpretación se ha realizado en primer lugar sobre las imágenes del vuelo de la Diputación de 1970 disponibles en el Observatorio del Territorio del Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo. La interpretación de las formas del relieve, cubiertas vegetales y otros elementos necesarios para el análisis de riesgos ha sido realizada a partir de la visión estereoscópica de dichas fotografías aéreas utilizadas por su gran calidad. La actualización cartográfica se ha elaborado con imágenes del Servicio de Sistemas de Información Territorial e Infraestructura de Datos Espaciales del Principado de Asturias (SITPA IDEAS) y del Centro de Descargas del IGN, en concreto, las ortofotos de máxima actualidad (2020) del PNOA con resolución de 0,25 metros.

Para el tratamiento de estas imágenes se han utilizado diferentes programas, tanto software destinado a la gestión de SIG como de edición. El manejo de las imágenes del vuelo de la diputación se ha realizado con *Agisoft Metashape Pro 1.7 V* para crear un ortomosaico georreferenciado y así poder realizar una fotointerpretación y digitalizado de gran precisión. Para el tratamiento de las imágenes actuales se ha utilizado tanto *Quantum GIS 3.16.0* con el complemento *GRASS 7.8.4* como *ArcMap 3.10*.

2.3. Trabajo de campo

El trabajo de campo ha consistido en recorrer a pie las laderas para conocer in situ el dinamismo y comportamiento de los aludes, las características geomorfológicas y la vegetación de todo el entorno, contrastando la información obtenida mediante la fotointerpretación de las imágenes áreas. Del mismo modo, se ha recorrido la carretera AS-227 en varias ocasiones, realizando trayectos a pie y en vehículo, para analizarla en detalle. Así, se han identificado y localizado las huellas geomorfológicas y en la vegetación dejadas por las diferentes dinámicas de vertientes que tienen lugar en su recorrido; se han tomado fotografías, recogido datos (sobre los depósitos al pie de la carretera y el estado de los elementos de seguridad de esta) y anotaciones con apoyo de la cartografía topográfica y los ortofotomapas. Durante las salidas de campo se ha entrevistado a habitantes locales en busca de información sobre los aludes y sus efectos en la carretera. Además, se han realizado varias entrevistas a empleados públicos somedanos y de la administración regional. En efecto, se han mantenido reuniones con el ayuntamiento de Somiedo y responsables de Infraestructuras y Transportes del Gobierno del Principado de Asturias, para conocer de primera mano el estado y mantenimiento de la carretera, así como los proyectos de intervención sobre esta.

2.4. Análisis climático

El análisis de las condiciones climáticas de sectores de montaña en Asturias es complicado debido a la falta de estaciones meteorológicas y series de datos completas. Así pues, se ha recurrido a la interpolación de datos procedentes de estaciones cercanas, concretamente, de Leitariegos y Genestoso, que presentan una serie temporal superior a los 30 años. Para el análisis de los parámetros climatológicos locales únicamente se ha dispuesto de los datos recopilados por el INDUROT en el periodo 1970-1985 coincidiendo con la creación del Parque Natural de Somiedo y que han sido extraídos del trabajo de Menéndez (1995). Para los datos más actuales, se ha contactado con Javier Rodríguez, miembro de NOROMET y colaborador de la AEMET, que ha proporcionado los datos de su estación personal en La Peral, localizada a 1.350 m s.n.m. Gracias a la información que ha facilitado se han podido conocer los datos meteorológicos entre 2010 y 2015 de La Peral. Con estos datos se han calculado los días de nieve atendiendo a los días con temperaturas medias

inferiores a dos grados centígrados y que hayan presentado precipitaciones, debido a que ambas estaciones no recogen meteoros.

En cuanto a los escenarios que el cambio climático ha introducido en Asturias, el informe de Anadón *et al.* (2009) no indica cambios sustanciales a corto plazo en las precipitaciones totales, con reducciones del volumen total anual de menos del 10% para el conjunto regional e incluso pequeños aumentos en el periodo invernal. Por su parte, las temperaturas medias han experimentado un incremento medio de 0,21 °C/década entre 1961 y 2007 con aumentos que resultan mucho menos acusados en invierno (Anadón *et al.* 2009). Así pues, el análisis que en este trabajo se presenta puede tener una validez temporal, en principio, bastante alta.

2.5. SIG y cartografía

El SIG del proyecto se ha realizado creando una base de datos en la que se ha acopiado toda la información territorial disponible, así como la obtenida tras realizar las digitalizaciones y cálculos pertinentes. La elaboración de la base de datos y la cartografía se ha llevado a cabo con los programas *Quantum GIS 3.16.0*, con el complemento *GRASS 7.8.4*, y *ArcMap 3.10*. Se han descargado del Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional los modelos digitales del terreno con paso de malla de 2 y 5 metros para la realización de cálculos de superficies (para los análisis de pendiente, orientaciones, altitud y radiación), así como para el mapa de sombreado de relieve. Igualmente, se ha trabajado con los datos Lidar (hoja 0076) en la elaboración de la cartografía. Los datos numéricos y estadísticos se han obtenido a través de la reclasificación de los ráster para poder obtener en formato CSV toda su información y tratarla con MS Excel.

El mapa de vegetación ha sido digitalizado también en *Quantum GIS* con el complemento *Bezier Editing*. Para este se ha utilizado como fuente la cartografía temática ambiental del SITPA, en concreto el mapa de unidades de vegetación elaborado por la Consejería del medio Ambiente y encargado al INDUROT entre 1989 y 1998. Sin embargo, la antigüedad de esta cartografía hace que sea imprescindible actualizarla dado el importante cambio experimentado por las cubiertas vegetales. Para el análisis de los aspectos geomorfológicos se han utilizado como fuente los trabajos de Menéndez (1997) y Rodríguez (2015). Por último, las edificaciones digitalizadas se han extraído del portal de la Sede Electrónica del Catastro.

Finalmente, el mapa de susceptibilidad de aludes se ha realizado combinando algunos factores como la altitud, la pendiente, la vegetación y los aludes documentados, todo ello con el fin de obtener la composición más precisa posible. Con esta cartografía se ha realizado posteriormente un mapa de vulnerabilidad sobre la carretera del puerto de Somiedo (AS-227) para conocer los tramos afectados por los aludes.

Los aludes con más poder erosivo y de transporte se producen con pendientes superiores a los 30° de inclinación y altitudes por encima de los 1.000 m s.n.m (Embleton y Thornes, 1979; Beato *et al.*, 2017; Poblete *et al.*, 2019). Así pues, se han identificado sobre el mapa aquellas áreas que poseen estas características pero que, además, no presentan vegetación de porte arbóreo, debido al efecto de frenado que, a priori, causan estas formaciones sobre los aludes (Schneebeli y Bebi, 2014; Teich *et al.*, 2012). A las áreas resultantes se les han sumado las superficies en las que se encuentran las canales de aludes identificadas, desde sus zonas de salida, tránsito y llegada (incluyendo los lugares por los que transcurren los aludes bajo cubiertas arbóreas). De este modo se ha hecho una clasificación en susceptibilidad alta, media, baja y muy baja.

En la región asturiana, el desencadenamiento de aludes se produce con una inclinación de las laderas entre 30 y 50° (Marquínez *et al.*, 2003). Sin embargo, esto no supone una norma, ya que con las condiciones de suficiente niviosidad y rugosidad de la superficie, se pueden desencadenar aludes en pendientes con una inclinación superior a los 12-15°, siendo raro que se desencadenen en inclinaciones superiores a los 50° debido a que la pendiente no permite la suficiente acumulación de nieve (Hodder y Stoughton, 1979; Poblete, Beato y Marino, 2019). Así pues, se han delimitado los sectores de las laderas más susceptibles de verse afectados por aludes. Además, para conocer la pendiente de las laderas adyacentes a la carretera se ha tomado un área de hasta 200 metros de distancia sobre las laderas, obteniendo así una superficie de 135 hectáreas (1,35 km²), sobre la que se han realizado los cálculos pertinentes.

Dentro de los factores topográficos, otro factor estudiado a partir del modelo digital del terreno y el SIG del proyecto es la orientación de las vertientes, al determinar las horas de sol y, por ende, la radiación solar que recibe el manto nival. Esta radiación influye directamente en la sublimación y evaporación de los cristales de nieve (Pradhananga y Pomeroy, 2022). De este modo, las laderas situadas en las vertientes sur, suroeste o este recibirán mayor cantidad de horas de sol y de radiación.

Por último, se ha elaborado un mapa de vulnerabilidad de la carretera superponiendo el trazado de la carretera al mapa de susceptibilidad. Se han identificado, así, las zonas donde se cruzan los polígonos de alta, media y baja susceptibilidad con la calzada, señalándonos en este mismo sentido como vulnerables.

2.6. Desarrollos de RA

Para el desarrollo de productos para la RA se han realizado diferentes propuestas. Se han tomado fotos 360° con la cámara *Gear 360 Samsung* en los puntos más críticos de la carretera para, tras su tratamiento, poder ser incorporadas en *3DVista* incorporando enlaces, textos y audios descriptivos y así transmitir al usuario la información de forma clara y concisa.

Tras la realización de la cartografía de susceptibilidad, vegetación, pendientes, orientación, horas de sol y vulnerabilidad, se han realizado bloques diagramas 3D con el complemento *Qgis2threejs* de *Qgis* que permite la creación de bloques 3D utilizando como base un MDT al que se superpone cualquier ráster o composición vectorial que queramos representar. Estos bloques han sido publicados en los servidores del Observatorio del Territorio para que el usuario pueda interactuar con él, haciendo zoom o visualizándolo en detalle, acompañado de etiquetados para dar información espacial y geográfica de referencia.

Por último, también se ha realizado un vídeo del mapa de susceptibilidad de aludes con la herramienta de grabación de *Google Earth Pro* para poder enseñar de forma interactiva y clara la información. El vídeo se ha publicado en la plataforma de *Youtube* y en los mismos servidores del Observatorio del Territorio para su consulta pública.

3. Resultados

Entre los factores más significativos que explican la generación de aludes se encuentran los topográficos (altitud, pendientes, orientaciones) y los climáticos, especialmente los que explican el volumen de precipitaciones en forma de nieve y su distribución temporal. En Somiedo se dan las

condiciones adecuadas para el desencadenamiento de avalanchas de nieve, tal y como se constata en el análisis geomorfológico en diferentes localizaciones somedanas y en el seguimiento de las referencias recientes en prensa e investigaciones académico-científicas. En concreto, en el marco de estudio seleccionado, en la cabecera del valle de Somiedo, se presentan importantes elevaciones, fuertes pendientes y grandes nevadas en los periodos fríos invernales.

La diferente cubierta vegetal no parece un factor muy relevante que pueda explicar el desarrollo o no de aludes aunque debe ser tenida en cuenta toda vez que la dinámica de estos puede ser distinta en función de la vegetación (Fig. 2). Así pues, el área de estudio se encuentra recubierta por formaciones de pastos y herbazales, que concentran un total de 356,09 ha, esto es un 17 % de la superficie de toda el área de estudio. Atendiendo a las especies arbustivas destacan las propias de los piornales (*Genista polygaliphylla* y *Cytisus scoparius* con *Genista obtusiramea*); los aulagares (*Genista hispanica* ssp. *occidentalis* con *Erica vagans* sin presentar *Ulex europaeus*); y los brezales de brezo rojo (*Erica vagans*) y brecina mesófila. Estas formaciones arbustivas concentran una totalidad de 875,45 ha, esto es, un 46,7 % del área de estudio. Las formaciones arbóreas ocupan 455,06 ha, es decir, un 22,17 % del área analizada, siendo los hayedos (*Fagus sylvatica*) los que más superficie ocupan, 16,83 % del total del sector estudiado y un 75,9 % de la cubierta arbórea. El resto de las formaciones arbóreas que encontramos en la zona de estudio son los robledales, formados por *Quercus petraea* y *Betula pendula*, y las saucedas (*Salix cantabrica*) que se disponen en el contorno de los ríos, conformando los bosques de ribera.

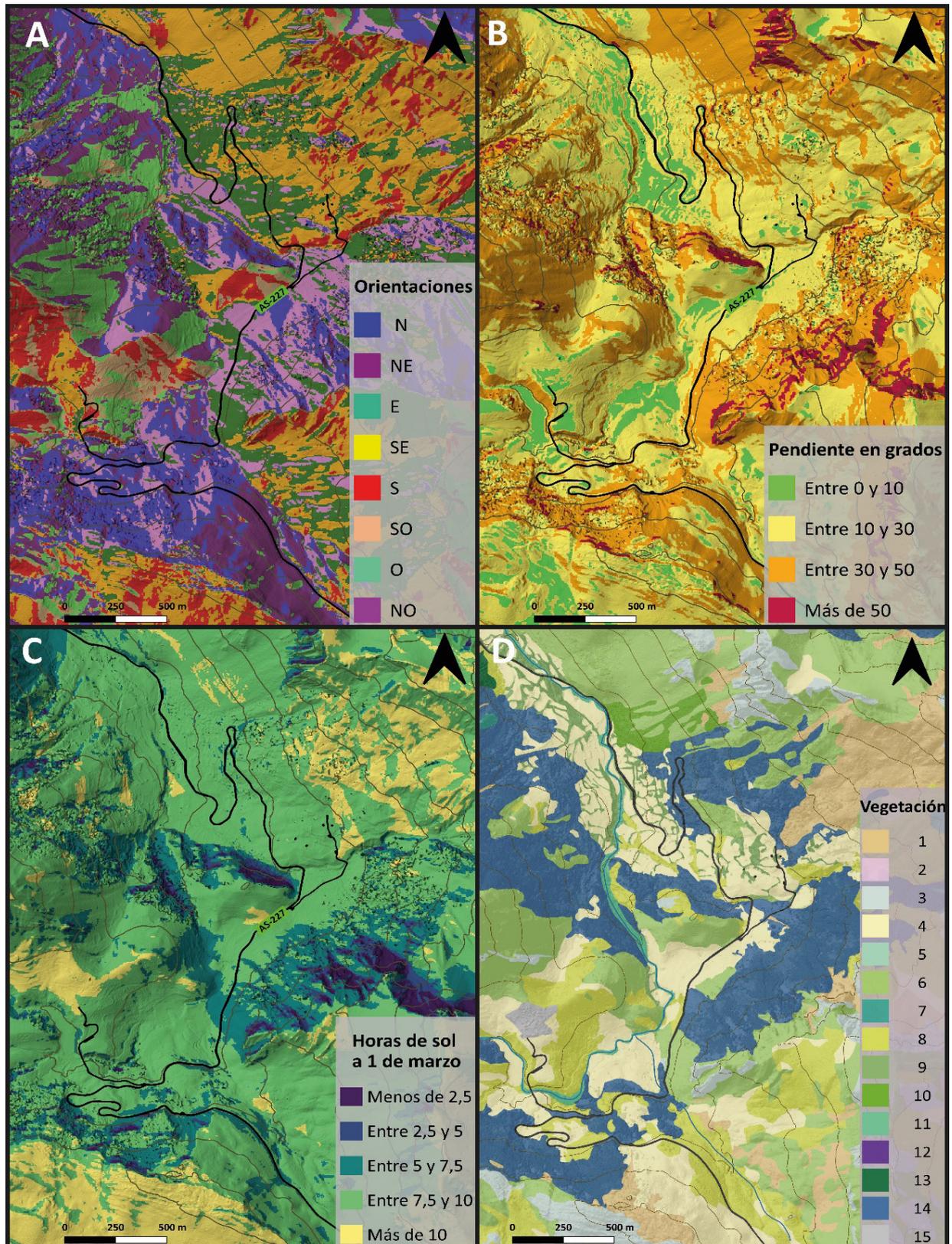
En los últimos 50 años se ha producido un importante crecimiento de la masa forestal. Efectivamente, la reforestación y matorralización se deben a los procesos naturales de sucesión vegetal ininterrumpidos por la reducción de la presión demográfica sobre estas áreas rurales y de montaña. Así, ha decrecido el aprovechamiento y el mantenimiento del territorio en su configuración paisajística secular facilitando que rápidamente comience a verse afectado por el proceso de expansión de formaciones arbustivas y arbóreas. De este modo, se están extendiendo y densificando las formaciones arbóreas, engrosando los cierres vegetales (sebes) y matorralizando los pastos y herbazales a causa del abandono de la actividad agroganadera tradicional. Sin embargo, la actividad de los aludes continúa produciéndose y afectando a la carretera (ver, por ejemplo, La Nueva España 29/11/2021, La Voz del Trubia 29/03/2018 y RTPA 3/3/2018).

3.1. Factores topográficos

Haciendo una división por pendientes en el área de estudio, las menores a 10° suponen un 10,43 % del área; entre los 10 y los 30°, un 54%; entre los 30 y 50°, un 32,51 %; y, por último, la superficie con una pendiente superior a los 50° ocupa un total de un 2,78 % del área. Así pues, alrededor de un tercio del área de estudio es proclive al desencadenamiento de aludes.

En cuanto a las laderas adyacentes a la carretera, se han analizado igualmente por tramos de pendiente encontrándonos con que un 7,25 % de ellas poseen pendientes inferiores a los 10°; un 49,31 % corresponden a pendientes situadas entre los 10 y 30° de inclinación; un 41,87 % entre los 30 y 50°; y, por último, la superficie con una inclinación superior a los 50° es muy reducida, concentrando un 2 %. En este caso, por tanto, las pendientes que favorecen el desarrollo de aludes constituyen un porcentaje mayor pues, en efecto, buena parte de las infraestructuras que atraviesan las montañas medias asturianas están expuestas a este tipo de riesgo (Poblete, Beato y Marino, 2019 y 2020).

Figura 2. Composición con los mapas de orientaciones (A), pendientes (B), insolación (C) y vegetación (D).



Legenda del mapa de vegetación: 1. Veg. de gleras. 2. Veg. Subalpina. 3. Veg. Casmoftítica. 4. Pastos y herbazales. 5. Pastos higrófilos. 6. Aulagar. 7. Brezal. 8. Piornal. 9. Sebes. 10. Avellaneda. 11. Bosque de ribera. 12. Abedular. 13. Robledal. 14. Hayedo. 15. Núcleo de población. Fuente: Elaboración propia a partir de las bases topográficas digitales del IGN.

En cuanto al análisis pormenorizado de la superficie en función de la orientación de las laderas, se aprecia un dominio de vertientes con orientaciones meridionales: NE, N y NO, que concentran un 17, 14,4 y 8,9 % del área de estudio respectivamente. En cuanto a las orientaciones septentrionales, la distribución se produce con un 14,4% de la superficie con orientaciones SO, un 12% S y un 8,5% SE. Las orientaciones E y O concentran una superficie de 13,3 y 11,2 % respectivamente.

Las horas de sol en el área de estudio (calculadas para el 31 de marzo) son, en general, bastante homogéneas debido a la propia amplitud del valle glaciario que, a diferencia de los fluviales, tienen vertientes muy separadas que no impiden el paso de la luz del sol. Las vertientes de la carretera tienen una radiación más heterogénea que el resto del área de estudio, presentando zonas de entre 1 y hasta 8 horas.

3.2. Factores climáticos

Los factores climáticos son, junto con las pendientes, los condicionantes elementales para el desencadenamiento de aludes, ya que de ellos dependen el aporte de nieve y el grosor que alcanzará el manto nival. Los escasos datos locales de los que se disponen indican una media de 8,6 °C de temperatura anual y unas precipitaciones de 1.587 mm con máximos en enero, febrero y noviembre. Se corresponderían con los de un clima templado húmedo con verano cálido. Somiedo apenas se encuentra a 70 km de distancia en línea recta de la costa por lo que las masas de aire llegan aún cargadas de humedad, causando grandes precipitaciones, especialmente en cotas superiores a los 1.000 m s.n.m., donde aumenta la probabilidad de que estas sean en forma de nieve. La entrada de perturbaciones y borrascas que se forman en el Atlántico norte y tienen una tendencia oeste-este durante buena parte del año favorece las nevadas en los periodos fríos. Las temperaturas medias mensuales son superiores en todos los meses a los 0 °C, registrando siempre un mínimo en el mes de febrero cercano a los 0-1 °C. En más de la mitad del año se presentan temperaturas inferiores a los 5 °C y apenas alcanzan los 10 en los meses estivales.

El análisis de los datos del INDUROT del 1970-1985 nos muestra de que todos los meses de primavera, otoño e invierno se produce al menos una nevada al mes, destacando febrero y marzo como los meses con más días de nieve. Los días de nieve se han estimado con la media de las temperaturas, señalando como día de nieve aquellos con temperatura media inferior a 2 °C y con registro de precipitaciones: esta temperatura, en condiciones de abundante humedad, es la necesaria para la precipitación en forma de nieve (National Geographic, 2018). Atendiendo al patrón y la intensidad de las nevadas, observamos como estas suelen producirse a lo largo de varios días seguidos, durante una o dos semanas. Los temporales de nieve se suceden en una media de 7,3 días, destacando el temporal del 27 de enero al 12 de febrero de 2014, cuando se registraron 17 días seguidos de precipitación en forma de nieve. Las acumulaciones nos indican importantes registros de espesores, con hasta 274 mm en 10 días. La transformación de mm a centímetros de nieve supone una relación de 1:10 a 1:13, dependiendo de las condiciones de humedad y la densidad de la nieve (McClung y Schaerer, 1996 como se citó en Vilar y Salvador, 2001). Esto supone que un mm de lluvia equivale entre 1 y 1,3 cm de nieve en función de las condiciones de humedad que se presenten. Nos encontramos así con temporales de nieve en este sector que han acumulado más de 2 metros en tan solo 10 días.

Atendiendo a los datos de Genestoso analizados en Beato *et al.* (2019) observamos como las precipitaciones en forma de nieve durante el periodo de 2010-2015 se producían entre 30 y 60 días

al año, datos muy similares a los registrados en La Peral. Lo mismo sucede con los espesores de nieve, que alcanzan fácilmente el metro en los meses más fríos.

3.3. Cartografía de susceptibilidad y vulnerabilidad por aludes

La alta susceptibilidad engloba las zonas situadas a más de 1.000 m s.n.m., con pendientes superiores a los 30° y sin cubierta vegetal de porte arbóreo, que suman 6,44 km² con los sectores identificados mediante trabajo de campo y otras técnicas. Las de media susceptibilidad son aquellas áreas que presentan las mismas características que las anteriores, pero con presencia de arbolado disperso, representando una superficie muy reducida, de apenas 16,9 ha (0,16 km²). Las áreas de baja susceptibilidad engloban las superficies por encima de 900 m s.n.m., con una pendiente superior a los 30° de inclinación y con cualquier tipo de vegetación, concentrando 2,19 km². Por último, las de muy baja susceptibilidad se sitúan sobre superficies con pendientes inferiores a los 30° y a cualquier altura, correspondiéndose con un total de 11,75 km².

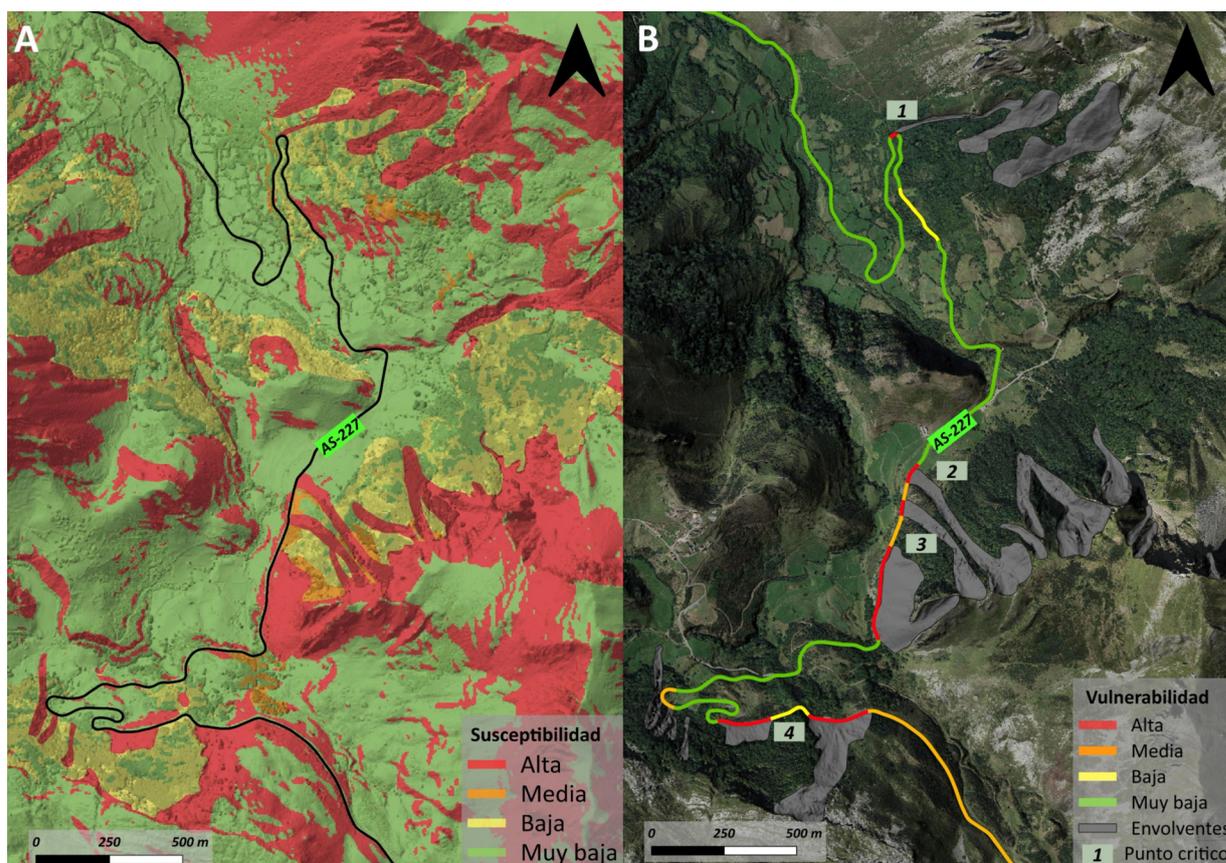
En la cartografía de susceptibilidad se pueden apreciar, además, los puntos más susceptibles y cercanos a la carretera, principalmente en el primer trazado sinuoso de curvas sobre el movimiento en masa del Llamardal (p.k. 45), en el extremo occidental de la Sierra de Robezo, antes del desvío de La Peral (p.k. 47) y en las Curvas del Nisaléu (p.k. 48). Así pues, se ha realizado un mapa de vulnerabilidad de la carretera teniendo en cuenta los tramos coincidentes con las zonas de caída de aludes identificadas además de aquellos tramos que, dada su inclinación y tras la confirmación a través de entrevistas, se han constatado como puntos de aludes recurrentes (Fig. 3).

En el mapa de vulnerabilidad de la carretera se han establecido 4 categorías distintas. Se observan así 4 sectores de vulnerabilidad muy alta, con un total de 792,3 metros de distancia. El primero se encuentra en el punto kilométrico 45, donde la calzada realiza varias curvas cerradas a fin de remontar el movimiento en masa del Llamardal. En este lugar se encuentra la canal de aludes más larga que se ha identificado en el área de estudio, con un total de 410 metros de recorrido. En este punto, la canal de aludes desciende justo en el borde la curva de la carretera, precipitando sobre la carretera.

Al sureste de esta canal aparecen sendas zonas con gran actividad por procesos de modelado de vertientes y aludes que no afectan, en principio, a la carretera. No obstante, el bosque que separa las áreas de llegada de los aludes de la carretera está afectada por dicha actividad que, por lo tanto, tendría que ser tenida en cuenta a pesar de que en el análisis de vulnerabilidad aparezca como de susceptibilidad media.

El segundo tramo más vulnerable se corresponde con el p.k. 47. de la carretera. En este sector, la inclinación de la vertiente junto con la falta de vegetación de porte arbóreo facilita el continuo desencadenamiento de aludes. Además, encontramos en este punto varias canales, algunas de gran tamaño y origen mixto (estructural, fluviotorrencial, nivoperiglaciario) propicias para el deslizamiento de aludes.

Figura 3. Composición con los mapas de susceptibilidad (A) y vulnerabilidad de la carretera (B).



Fuente: MDT05 y Ortofoto 2020 Hoja 076 del IGN. En B: 1. P.k. 45; 2 y 3. P.k. 47; 4. Curvas del Nisaléu. Elaboración propia.

En el entorno de las Curvas del Nisaléu se aprecia un tramo de susceptibilidad media al concentrar pequeñas canales de génesis mixta entre los hayedos que desembocan sobre la calzada. A continuación, encontramos el tramo con más vulnerabilidad de toda la carretera afectado por aludes recurrentemente. Esta actividad se ve favorecida por la situación topográfica sobre la cicatriz formada por el movimiento en masa de La Peral, teniendo la morfología cóncava y desnuda propicia para la acumulación de nieve y con una orientación que recibe gran cantidad de precipitaciones y viento. El continuo desencadenamiento de aludes a lo largo de todos los años y los pequeños deslizamientos impiden la fitoestabilización de la ladera.

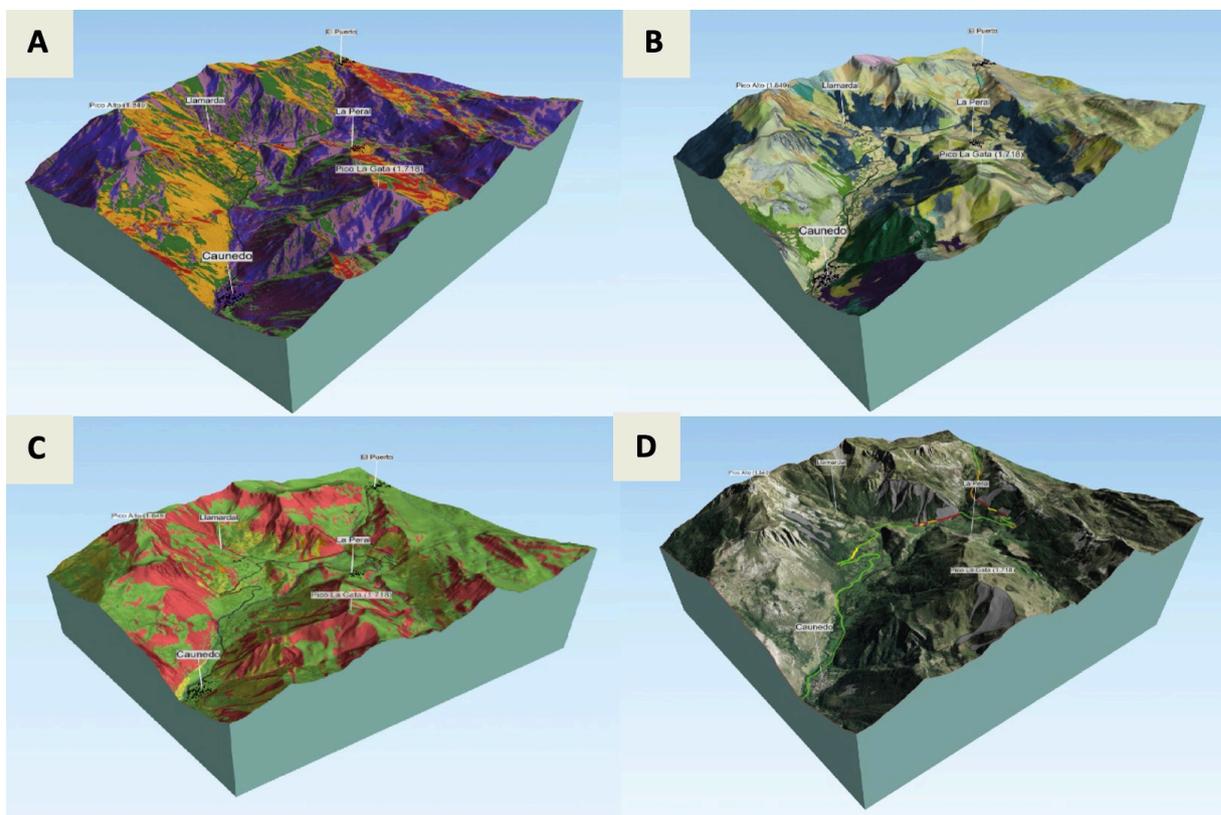
Las noticias del corte del puerto en este sector son habituales en los temporales invernales, ya no por la presencia de grandes aludes de fondo con nieve húmeda, sino por la propia precipitación del manto nival a causa de su gran espesor y la inclinación de la ladera. A partir de este punto y casi hasta el kilómetro 50 la carretera posee un nivel alta y media vulnerabilidad al presentar importantes pendientes sin vegetación arbórea. Cuando el trazado alcanza la recta de Santa María del Puerto, la susceptibilidad de aludes sobre la carretera es nula debido a que la carretera se encuentra alejada de las vertientes.

3.4. Desarrollo de herramientas de realidad aumentada para el análisis y prevención de la susceptibilidad por aludes

Con toda la cartografía desarrollada se han realizado varios bloques 3D con el fin de permitir a las personas encargadas de la gestión de la carretera y usuarias en general interactuar con ellos y

entender los aspectos más importantes de esta investigación (Fig. 4). De este modo, se han publicado en los servidores del Observatorio del Territorio de la Universidad de Oviedo el mapa de vegetación y el de susceptibilidad de aludes sobre un sombreado realizado con el MDE 02, para poder así realizar consultas.

Figura 4. Composición con capturas de los materiales disponibles en RA.



Fuente: MDT05 y Ortofoto 2020 Hoja 076 del IGN. Capturas de pantalla de los bloques 3D digitales. A) Mapa de orientaciones. https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/Articulos/somiedoaludes/Modelo_Ori/; B) Mapa de vegetación. https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/Articulos/somiedoaludes/Modelo_Veg/; C) Mapa de susceptibilidad. https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/Articulos/somiedoaludes/Modelo_Sub/; D) Mapa de vulnerabilidad. https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/Articulos/somiedoaludes/Modelo_Pel/. Elaboración propia.

Además del desarrollo de bloques diagramas en 3D se ha realizado un vídeo utilizando la herramienta de edición de Google Earth en donde se hace un vuelo virtual sobre el valle observando las capas del mapa de susceptibilidad. En este vídeo, además, una voz en *off* comenta los aspectos más interesantes para que así cualquier usuario pueda entender de forma concisa y visual los resultados más importantes de la investigación. El vídeo se ha colgado también en los servidores del Observatorio del Territorio además de en una cuenta de la plataforma *Youtube*, con el fin de hacer la información accesible. Desde el propio vídeo se puede acceder a un archivo *Google Drive* con las capas SIG.

Por último, siguiendo las ideas de rutas paisajísticas, se ha creado a través de la aplicación de *3DVista* un tour virtual¹ con fotografías 360° de los puntos más críticos en el ascenso al puerto. Además, se han añadido audios explicativos e imágenes tanto de los aludes como de otros as-

1. <https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/Articulos/somiedoaludes/>

pectos naturales. De esta forma, al igual que con las dos técnicas anteriores, permite al usuario observar el entorno de forma didáctica y explicativa, a modo de *tour* guiado.

4. Discusión

Los aludes en la Cordillera Cantábrica constituyen un riesgo sobre infraestructuras, propiedades y personas, especialmente, en las áreas de media montaña y en las vías de comunicación intramontañas (Beato, Poblete y Marino, 2018 y 2019). La metodología propuesta por Poblete, Beato, & Marino (2016), implementada por dichos autores en diversos puntos del Macizo Asturiano (ver, por ejemplo, Poblete, Beato, & Marino, 2019 y 2021) y seguida en buena medida en esta investigación, señala de forma precisa los lugares concretos donde se producen aludes, permitiendo posteriormente una correcta gestión territorial. El trabajo de campo y la escala de análisis, mucho más detallada que la de estudios regionales pioneros e imprescindibles como el de Marquínez *et al.* (2003) que sirven para un primer acercamiento, son fundamentales para la determinación real de la susceptibilidad por aludes. En este sentido, es necesaria la extensión de este tipo de investigaciones a otros puntos de estas montañas, así como la ampliación y mejora de las fuentes de datos, para minimizar los riesgos y evitar pérdidas humanas y materiales (La Voz de Asturias, 2/1/2021). La escasez de datos climáticos y estaciones meteorológicas adecuadas para emitir señales de alerta impide un conocimiento preciso del factor meteorológico en la generación de aludes para prevenir eventos catastróficos (Poblete, Beato y Marino, 2019) a pesar de que se pueden pronosticar las nevadas y situaciones atmosféricas posteriores que favorecen el desarrollo de aludes que van a afectar a las carreteras (AEMET, 2022). Las instituciones públicas, en todo caso, tienen el deber de conocer de forma exhaustiva su territorio y establecer las medidas necesarias para su correcta gestión.

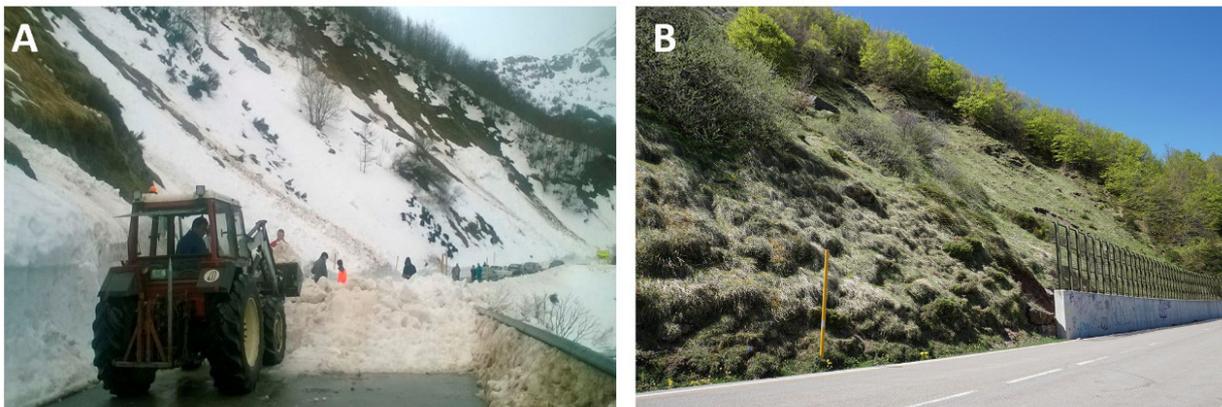
En efecto, casi todos los años se producen nevadas en cuantía suficiente para sepultar algunas carreteras de puertos de montaña como Somiedo y para que se desencadenen aludes, cerrando el paso y provocando accidentes, por el propio peso del manto nival o por su desestabilización. Nieve en cantidad suficiente y pendientes adecuadas constituyen el factor principal en la Cordillera Cantábrica a pesar de que la altitud, la orientación de la ladera y la diferente cubierta vegetal puedan modificar el comportamiento de los aludes.

La exposición de las carreteras a los riesgos naturales supone la necesidad de crear medidas que eviten o mitiguen los daños sobre las infraestructuras y vidas humanas. En la carretera AS-227 encontramos a la altura de las Curvas del Nisaléu (entre los p.k. 48 y 49) un muro de protección para evitar la llegada de los aludes a la calzada (Fig. 5). Sin embargo, tras las entrevistas con personal de la administración pública se ha conocido la intención de instalar unas mallas de acero galvanizado en 4 puntos distintos de uno de los sectores afectados de la carretera (dos niveles de mallas de 3,5 m de alto para fraccionar el manto nival y frenar su desplazamiento). Estas infraestructuras no suelen tener mucho efecto sobre canales de gran tamaño y con aludes de fondo de nieve húmeda, sin embargo, para este sector, parece una medida adecuada debido a que los aludes son de pequeño tamaño. También se instalarán, en el arcén de la calzada contigua a la ladera, unos muros de hormigón armado semejantes a los ya instalados para que frenen el avance de la nieve en caso de que falle la protección de las mallas.

Pese a que las intervenciones que se van a acometer solventarán en gran medida el problema más repetido en el puerto, lo cierto es que no cubre todos los sectores afectados por aludes y otros procesos geomorfológicos activos. En el proyecto gran parte de la ladera en las Curvas del Nisaléu

quedará sin ningún tipo de protección, sobre todo la parte central que presenta varias canales. Sería conveniente la instalación de las mismas medidas de seguridad en todo el tramo señalado de vulnerabilidad alta con el fin de desarrollar una solución más completa.

Figura 5. Imágenes de un sector de las Curvas del Nisaléu. A. Maquinaria y personal trabajando en la limpieza de la carretera tras la caída de aludes. B. Barrera de protección de la carretera instalada posteriormente en el mismo punto.



Fuente: A. La Voz del Trubia (29/03/2018). B. Elaboración propia.

Por otra parte, los habitantes de Somiedo han propuesto la instalación de viseras antialudes, que se llegó a plantear por parte de la Administración y que solucionaría el problema en este sector por completo. Sin embargo, los costes tan elevados de estas obras y el impacto paisajístico de tal infraestructura en pleno Parque Natural suponen un gran inconveniente.

Además del problema de los aludes, varios sectores de la carretera se encuentran afectados por el impacto de fragmentos de rocas heterométricas en la calzada. Se observan sobre el asfalto multitud de daños, especialmente, en el segundo tramo de alta vulnerabilidad, entre los kilómetros 46.5 y 47.5, a causa de cantos que se precipitan por la ladera. La caída de estos materiales sobre los vehículos puede llevar a la pérdida del control de este o al aplastamiento. Además, también se suceden sobre la calzada pequeños movimientos de tierras o *argayos* que pueden llegar a impedir el paso o la desestabilización del vehículo. Una propuesta para evitar parte de estos riesgos es la instalación en este sector de unas mallas de acero galvanizado de pequeño radio de apertura que impida el paso tanto de fragmentos de roca de pequeño tamaño como de aludes sobre la calzada.

Por otro lado, a partir de la curva del Llamardal la calzada es afectada por la concurrencia de canales torrenciales provenientes de la base de los circos glaciares. Se han desarrollado movimientos en masa junto con *debris flow*, uno de especial tamaño, que han generado conos de deyección sobre los que se sitúa la carretera. Esta dinámica causa flujos de materiales heterométricos que discurren en conjunto llegando a realizar una erosión lineal muy competente sobre el sustrato. Con abundantes precipitaciones se pueden llegar a constituir flujos de gran poder destructivo, tal y como se puede apreciar en las imágenes aéreas más antiguas y rescatar de las entrevistas.

En cuanto a los movimientos en masa, dada la magnitud e inmediatez de estos fenómenos, suponen un gran riesgo pues se trata de miles de metros cúbicos de materiales que, en función del entorno, pueden llegar a causar el sepultamiento de poblaciones e inundaciones a causa de la obturación de los ríos (Morages et al., 2021). El riesgo de movimientos en masa y desprendimientos

aún se mantiene en el valle de Somiedo (Marquínez *et al.*, 2003) por lo que es un peligro que se ha de tener en cuenta dada las consecuencias que pueden generar. Además, las abundantes precipitaciones (como las que se registran en la zona) pueden llegar a ser un factor desencadenante de estos grandes y complejos procesos (Valenzuela *et al.*, 2015).

La utilidad de la RA para la divulgación de los resultados de investigaciones científicas y trabajos académicos ha sido puesta de manifiesto ya en diversos campos (ver, *p.e.*, Beato *et al.*, 2020). Esto, unido a aplicaciones móviles y gracias a las tecnologías de localización geográfica contribuye a la prevención de riesgos naturales como los generados por los aludes (Pérez, Querol y Marturià, 2013). La implementación de este tipo de propuestas puede suponer un factor diferencial a la hora de proteger a la población y los transeúntes de espacios de montaña. Además, la RA ayuda a interpretar los procesos naturales y el territorio por lo que es una útil herramienta para las personas encargadas de su gestión.

5. Conclusiones

La recurrencia de eventos meteorológicos extremos junto con el crecimiento orgánico de nuestras sociedades hace que los riesgos naturales cada vez sean más continuados, imprevistos y devastadores, por lo que crece la necesidad de una planificación territorial precisa, a fin de evitar o mitigar la exposición a estos riesgos. Las carreteras de los puertos de montaña son tránsitos peligrosos por su propia idiosincrasia, pero aún más por la dinámica de las laderas por las que transcurren. En el marco de esta actividad geomorfológica y la Cordillera Cantábrica los aludes constituyen uno de los principales agentes que incrementan la vulnerabilidad de las carreteras.

En este sentido, la investigación realizada en Somiedo muestra una susceptibilidad alta para el desencadenamiento de aludes en un 31,39 % del área de estudio. Dicha susceptibilidad afecta directamente a la calzada de la AS-227, observándose hasta 6 puntos de vulnerabilidad alta sobre esta: 4 de media y 2 de baja. El trabajo de campo y la fotointerpretación han permitido observar los efectos de esta actividad nivológica sobre la vegetación y el relieve, así como constatar la presencia de canales de aludes entre las formaciones arbóreas, cuestión que manifiesta la necesidad de realizar un reconocimiento minucioso del territorio para su planificación.

Por otro lado, las medidas de protección actuales y previstas para la carretera son oportunas, al proteger de forma eficiente la carretera. Sin embargo, destacan algunos puntos y un largo tramo sobre las Curvas del Nisaléu que carecen de protección y que no tienen previsto ningún tipo de medida. Es por ello, por lo que es necesario este tipo de análisis que permitan, a través de los métodos clásicos de investigación junto con el SIG y la RA, identificar los puntos críticos para poder proponer la realización de las actuaciones oportunas que solventen la problemática detectada. Además, la RA y la divulgación de materiales gráficos combinados con descripciones en audio y vídeo pueden facilitar la comprensión de la persona receptora, haciendo de la lectura e interpretación de la información un método interactivo que favorezca el conocimiento de riesgos naturales como los aludes y su desarrollo en áreas concretas.

Bibliografía

- AEMET & IPMA (2011). *Atlas climático ibérico/Iberian climate atlas*. Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente y Rural y Marino, Instituto de Meteorología de Portugal.

- AEMET (2022). Boletín de peligro de aludes. En *Agencia Estatal de Meteorología*. Recuperado de/Retrieved from https://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/montana/boletin_peligro_aludes
- Anadón Álvarez, R., Roqueñí Gutiérrez, N., López García, E., Abanades García, C., Alba Alonso, J., Álvarez García, M. A., ... & Zapatero Rodríguez, M. A. (2009). *Evidencias y efectos potenciales del cambio climático en Asturias*. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras. Viceconsejería de Medio Ambiente, Oficina para la Sostenibilidad, el Cambio Climático y la Participación. Gobierno del Principado de Asturias.
- Beato, S., Poblete, M. A., & Marino, J. L. (2017). “El efecto de los aludes de nieve en las formaciones vegetales de la vertiente oriental de la Sierra del Aramo (Macizo Central Asturiano)”. En *Asociación de Geógrafos Españoles. Congreso 25º. 2017. Madrid* (pp. 70–79). <https://doi.org/10.15366/ntc.2017>
- Beato, S., Poblete, M. A., & Marino, J. L. (2018). Snow avalanche susceptibility in the eastern hillside of the Aramo Range (Asturian Central Massif, Cantabrian Mountains, NW Spain). *Journal of Maps*, 14:2, 373-381. <https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1480974>
- Beato, S., Poblete, M. A., & Marino, J. L. (2019). Snow avalanches, land use changes, and atmospheric warming in landscape dynamics of the Atlantic mid-mountains (Cantabrian Range, NW Spain). *Applied Geography*, 107, 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.04.007>
- Beato, S., Poblete, M. A., Herrera, D., Marino, J. L., & Fernández, F. (2020). Carreteras paisajísticas y realidad aumentada en la Sierra del Aramo (Macizo Central Asturiano). *Ería*, 40(2), 145-166. <https://doi.org/10.17811/er.2.2020.145-166>
- Castañón, J. C. (1984). Sobre el modelado originado por los aludes de nieve en el prau de Alvo (alto Huerna, Asturias). *Eria. Revista cuatrimestral de geografía.*, 6, 106–112. Recuperado de/Retrieved from <https://reunido.uniovi.es/index.php/RCG/article/download/926/855>
- Castañón, J. C. (1989). Las formas de relieve de origen glaciar en los sectores central y oriental del Macizo Asturiano [Tesis Doctoral de la Universidad de Oviedo].
- Embleton, C., & Thornes, J. (1979). *Process in Geomorphology* (1.ª ed.). Arnold-Heinemann Publishers.
- Frochoso, M., & Castañón, J. C. (1997). El relieve glaciar de la Cordillera Cantábrica. En A. Gómez & A. Pérez (Eds.), *Las huellas glaciares de las montañas españolas* (pp. 65-139). Universidad de Santiago de Compostela.
- Frochoso, M. (2017). Erosión del pasado y formas de relieve actuales en la Montaña Cantábrica. *Ería. Revista Cuatrimestral de Geografía*, 3(3), 368–370. <https://doi.org/10.17811/er.3.2017.368-370>
- Furdada, G. (1996): Estudi de les allaus al Pirineu occidental de Catalunya: predicció espacial i aplicacions de la cartografia. [Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona].
- García-Hernández, C., Ruiz-Fernández, J., Sánchez, C., & Poblete, M. A. (2014). El impacto del episodio avalanchoso de 1888 en el Macizo Asturiano, a través de la prensa. *Avances, métodos y técnicas en el estudio del periglaciario*, 55-63. Recuperado de/Retrieved from <http://hdl.handle.net/10651/39148>
- García-Hernández, C., Ruiz-Fernández, J., Sánchez-Posada, C., Pereira, S., Oliva, M., & Vieira, G. (2017). Reforestation and land use change as drivers for a decrease of avalanche damage in mid-latitude mountains (NW Spain). *Global and Planetary Change*, 153, 35–50. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.05.001>
- García-Hernández, C., Ruiz-Fernández, J., & Pereira, S. (2017). El efecto de los cambios en la cubierta vegetal sobre la evolución de los daños por aludes en el Macizo Asturiano. *Cuaternario y Geomorfología*, 31(3–4), 97–112. <https://doi.org/10.17735/cyg.v31i3-4.58396>
- García Hernández, C., Ruiz, J., & Rodríguez, F. (2019). El fenómeno de los aludes a través de un itinerario didáctico en la Montaña Cantábrica. *Cuadernos Geográficos*, 58(2). <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i2.7293>
- González, A., Loredó, E., Herrera, D., & Sevilla, J. (2020). Realidad Aumentada con aprovechamiento turístico: una aplicación para el Camín Real de la Mesa (tramo somedano). *ROTUR. Revista de Ocio y Turismo*, 14(1), 47–59. <https://doi.org/10.17979/rotur.2020.14.1.5943>
- La Nueva España (29/11/2021). “El Puerto de Somiedo, bajo la nevadona “de noviembre a marzo””. <https://www.lne.es/asturias/2021/11/29/puerto-somiedo-nevadona-noviembre-marzo-60089662.html>
- La Voz de Asturias (2/1/2021). “ Un informe científico alertaba ya del elevado riesgo de aludes en San Isidro”. <https://www.lavozdeasturias.es/noticia/asturias/2021/01/02/informe-cientifico-alertaba-elevado-riesgo-aludes-san-isidro/00031609613536832656240.htm>
- La Voz del Trubia (29/03/2018). “ Tres aludes bloquean en el puerto de Somiedo a decenas de turistas”. <https://lavozdeltrubia.es/2018/03/29/tres-aludes-bloquean-en-el-puerto-de-somiedo-a-decenas-de-turistas/>

- Marino, J. L., Poblete, M. A., Beato, S., & Herrera, D. (2021). Itinerario geográfico con realidad aumentada a través del paisaje natural en los Arribes del Duero zamoranos (Castilla y León, España). *Ería*, 41(1), 5-28. <https://doi.org/10.17811/er.1.2021.5-28>
- Marquínez, J., Menéndez, R., Lastra, J., Fernández, E., Jiménez-Alfaro, B., & Wozniak, E. (2003). *Riesgos naturales en Asturias*. Indurot, Universidad de Oviedo & KRK Ediciones.
- Mases, M. (1991). Estudi geomorfològic de la dinàmica nival i rise d'allaus a la Vallferrera (pallars Sobirà). Tesis de licenciatura. Dpt. de Geologia Dinàmica, Geofísica y Paleontología de la Universitat de Barcelona. Inédita. 129 pp.
- Mases, M. (1997): Analyse et modelisation de la distribution spatiale de la neige transportee par le vent. [Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona].
- Menéndez, R. A. (1995): Geomorfología del área de Somiedo (Cordillera Cantábrica, N de España): aplicaciones de los sistemas de información geográfica al estudio del relieve [Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo]. Repositorio de Tesis de la Universidad de Oviedo. Biblioteca Universitaria.
- Menéndez, R. A., & Marquínez, J. (1996). Glaciarismo y evolución tardiglaciario de las vertientes en el Valle de Somiedo. Cordillera Cantábrica. *Cuaternario y Geomorfología*, 10(3-4). Recuperado de/Retrieved from [http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/images/vol10_2/cuaternario10\(3-4\)_02_.pdf](http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/images/vol10_2/cuaternario10(3-4)_02_.pdf)
- Muñoz, J. (1980). Morfología estructural y glaciarismo en la Cordillera Cantábrica: el relieve sinclinal de Saliencia. *Ería. Revista Cuatrimestral de Geografía*, 1(1), 35-65. <https://doi.org/10.17811/er.0.1980.35-65>
- Muñoz, J., (1982). *Geografía de Asturias*. Ayalga Ediciones. Oviedo
- Julián, A., Peña, J. L., Chueca, J., Zabalza, J., Lapena, A. y López, J. I. (2001). Cartografía de zonas probables de aludes en el Pirineo aragonés: metodología y resultados. *Boletín de la A.G.E.*, 30, 119-134. <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/376>
- Pérez, M., Querol, N. & Marturià, J. (2013). *Desarrollo de aplicación para dispositivo móvil con software libre para el uso en zonas de alud*. Recuperado de/Retrieved from <https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/7642/4Art-Alud.pdf?sequence=1>
- Poblete, M. A., Beato, S., & Marino, J. L. (2016). “Los aludes de nieve en el Alto Aller: su incidencia en la carretera AS-253 del Puerto de San Isidro (Macizo Central Asturiano)” En J.J. Durán, M. Montes, A. Robador & A. Salazar (Eds.), *Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro* (pp. 751-758). Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. Recuperado de/Retrieved from <http://hdl.handle.net/10651/38219>
- Poblete, M. A., Beato, S., & Marino, J. L. (2019). El riesgo de aludes en el Alto San Isidro (Macizo Central Asturiano): La vulnerabilidad de la carretera AS-253. *Cuaternario y Geomorfología*, 33(3-4), 79-104. <https://doi.org/10.17735/cyg.v33i3-4.72057>
- Poblete, M. A., Beato, S., & Marino, J. L. (2021). Snow avalanches in the Middle Mountains of the Asturian Central Massif. En R.M. Reales (Ed.), *Recent Developments in Geomorphology* (pp. 35 - 58). Nueva York: Nova Science Publishers.
- Poblete, M. A., Beato, S., Marino, J. L., & Herrera, D. (2022). Geoturismo con realidad aumentada en la zona volcánica del Campo de Calatrava (Ciudad Real). *Ería*, 42(1), 73-106. <https://doi.org/10.17811/er.2022.2022.73-106>
- Pradhananga, D., & Pomeroy, J. W. (2022). Diagnosing changes in glacier hydrology from physical principles using a hydrological model with snow redistribution, sublimation, firnification and energy balance ablation algorithms. *Journal of Hydrology*, 608, 127545. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127545>
- Radio Televisión del Principado de Asturias (3/3/2018). “Más de 360.000 euros se invertirán en muros antialudes en el Puerto de Somiedo”. https://www.rtpa.es/noticias-asturias:Mas-de-360.000-euros-se-invertiran-en-muros-antialudes-en-el-Puerto-de-Somiedo_111520078414.html
- Rodríguez, C. (2016). *El relieve de la montaña central asturiana: la sierra de Sobia y el macizo de Somiedo* (1.ª ed.). Real Instituto de Estudios Asturianos. <https://doi.org/10.18002/pol.v0i28.4300>
- Schneebeli, M., & Bebi, P. (2004). Snow and avalanche control. En J. Burley, J. Evans, & J.A. Youngquist (Eds.), *Encyclopedia of Forest Sciences* (pp. 397-402). Oxford: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-145160-7/00271-4>
- Teich, M., Marty, C., Gollut, C., Grêt-Regamey, A., & Bebi, P. (2012). Snow and weather conditions associated with avalanche releases in forests: Rare situations with decreasing trends during the last 41 years. *Cold Regions Science and Technology*, 83-84, 77-88. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2012.06.007>
- Santos, J., Redondo, J. M., Gómez, A., & González, R. B. (2010). Los aludes de nieve en el Alto Sil (Oeste de la Cordillera Cantábrica, España). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 36(1): 7-26. <https://doi.org/10.18172/cig.1224>

- Serrano, E., Lende, M. G., & Pisabarro, A. (2016). Nieve y riesgo de aludes en la Montaña Cantábrica. El alud de Cardaño de Arriba, Alto Carrión (Palencia). *Polígonos. Revista de Geografía*, núm. 28, p. 239-264. <https://doi.org/10.18002/pol.v0i28.4295>
- Serrano, E., Lende, M. G., & Pisabarro, A. (2017). Los aludes y su peligrosidad en Alto Campoo (Montaña Cantábrica): el mapa de riesgo de aludes. *Neus i allaus*, 9, p. 4-11. Recuperado de/Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/336956006_Los_aludes_y_su_peligrosidad_en_Alto_Campoo_Montana_Cantabrica_el_mapa_de_riesgo_de_aludes
- Vada, J. A., Frochoso, M., & Vilaplana, J. M. (2012). Evaluación y cartografía del riesgo de aludes en el camino PR-PNPE 21 de acceso a la Vega de Urriellu. Picos de Europa (noroeste de España). *Cuaternario y Geomorfología*, 26(1-2), 29-47. Recuperado de/Retrieved from <https://recyt.fecyt.es/index.php/CUGEO/article/view/18523>
- Vilar, F., & Salvador, F. (2001). Caracterización de episodios de nevadas intensas en el Pirineo oriental catalán. En A.J. Pérez Cueva, E. López Baeza, & J. Tamayo Carmona (Eds.), *El tiempo del clima* (págs. 423-434). Valencia: Asociación Española de Climatología.
- Wayand, N.E., Marsh, C.B., Shea, J.M., & Pomeroy, J.W. (2018). Globally scalable alpine snow metrics. *Remote Sens. Environ.* 213, 61-72. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.05.012>.
- Wozniak, E., & Marquínez, J. (2004). Evaluación de la susceptibilidad por aludes de nieve a escala regional: el caso de Asturias. En G. Benito, & A. Díez (Eds.), *Riesgos Naturales y Antrópicos en Geomorfología* (págs. 509-518). Toledo: Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Universidad de Castilla-La Mancha.

Tour virtual

<https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/Articulos/somiedoaludes/>

Bloque con el mapa de orientaciones

https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/Articulos/somiedoaludes/Modelo_Ori/

Bloque con el mapa de vulnerabilidad

https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/Articulos/somiedoaludes/Modelo_Pel/

Bloque con el mapa de pendientes

https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/Articulos/somiedoaludes/Modelo_Pen/

Bloque con el mapa de horas de sol

https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/Articulos/somiedoaludes/Modelo_Sol/

Bloque con el mapa de susceptibilidad

https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/Articulos/somiedoaludes/Modelo_Sub/

Bloque con el mapa de vegetación

https://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/Articulos/somiedoaludes/Modelo_Veg/

Vídeo explicativo (YouTube)

<https://www.youtube.com/watch?v=iyWTacQGcmY>

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a Belarmino Fernández Fervienza, alcalde de Somiedo, y al resto del equipo municipal; a la dirección de la Consejería de Infraestructuras del Principado de Asturias; a Marité Lana Díaz y el equipo del Ecomuseo de Somiedo; a Javier Rodríguez, miembro de la Asociación Noromet, así como a todas las personas que colaboraron en las entrevistas y con el acopio de datos e información.

Contribución de autorías

Conceptualización, análisis formal, investigación, recursos, preparación del borrador original, redacción, revisión y edición: E.V.G., S.B.B., C.R.P y D.H.A. Cartografía: E.V.G. Materiales de Realidad Aumentada: E.V.G. y D.H.A.

Financiación

Ayudas para grupos de investigación de organismos del Principado de Asturias durante el periodo 2021-2023 (SV-PA-21-AYUD/2021/52140). Fundación para la investigación científica y técnica FICYT.

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Reseña de *Cuestiones de contexto en la digitalización de los entornos rurales*

A Review of *Cuestiones de contexto en la digitalización de los entornos rurales*

MARÍA EGEA HERNÁNDEZ¹  0009-0008-3284-5661

¹Universidad de Granada

1. Datos Bibliográficos

Coordinadora: Cristina Benlloch Domenech

Título de la obra: *Cuestiones de contexto en la digitalización de los entornos rurales*

Ciudad donde se editó: Granada (España).

Editorial: Comares

Fecha de edición: 2023.

Número de páginas: 122

ISBN: 978-84-1369-416-0

2. Resumen expositivo y comentario crítico

Desde la irrupción de la pandemia COVID-19, con la paralización del ritmo de la vida a nivel global y los numerosos cambios producidos en la forma de relacionarnos, de vivir y de trabajar, la digitalización de los territorios ha sido un proceso inevitable. Las nuevas tecnologías se han impuesto en la vida cotidiana de las personas, las actuales y venideras generaciones son ya nativas digitales y la privatización del acceso a Internet es impensable para la mayoría. Debido a ello, la brecha digital existente entre los espacios urbanos y los entornos rurales está adquiriendo un notorio interés entre la comunidad científica.

En este marco, el libro “*Cuestiones de contexto en la digitalización de los entornos rurales*”, coordinado por la doctora socióloga Cristina Benlloch, trata de recoger las aportaciones más relevantes que tuvieron lugar en la jornada sobre “Retos a la digitalización en los entornos rurales” que se celebró en el mes de octubre de 2021 en la Universidad de Valencia. La obra engloba diferentes enfoques sobre cómo afrontar la incorporación de las nuevas tecnologías en las zonas rurales a partir de ciencias como la sociología, la geografía, la filosofía, la economía o el derecho.

Fechas • Dates

Recibido: 2023.11.15
Aceptado: 2023.11.15
Publicado: 2024.05.27

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

María Egea Hernández
mariaegeahernandez@gmail.com



El libro, publicado por la editorial Comares, consta de nueve capítulos y se estructura en tres grandes bloques. El primer capítulo introductorio expone el presente escenario sobre la digitalización. Destaca el hecho de que, mientras la brecha generacional en el uso de las TICs sigue vigente, la brecha de género se ha reducido considerablemente en el último lustro. Aun así, siguen siendo las mujeres de mayor edad las más afectadas en términos de acceso y competencias digitales. La crisis sanitaria y económica puso de manifiesto la disparidad en la conectividad y uso de las tecnologías entre ciudades y pueblos y, el nivel socioeconómico de las familias reflejó las limitaciones para adaptarse a este nuevo contexto digital en el ámbito social, educativo y profesional.

El bloque uno, *cuestiones de contexto social y económico en los entornos rurales* se compone de dos capítulos. El primero es de Manuel Francisco Salinas y, desde una perspectiva más económica, muestra las posibilidades de la economía social para el desarrollo territorial y local de los espacios rurales, siendo las cooperativas su máximo exponente. Esta economía social, con nuevas formas de expresión como la innovación social, la economía colaborativa o la economía circular, tratan de reducir los movimientos migratorios continuos, principalmente de jóvenes y mujeres, del ámbito rural a las medianas y grandes urbes, así como de favorecer el retorno de personas que guardan algún vínculo con estos espacios a través de nuevas oportunidades laborales. En este sentido, y como plantea el autor, la economía social puede representar una fórmula eficaz para contribuir a la empleabilidad, de una forma sostenible, potenciando los recursos endógenos de los territorios, creando un tejido empresarial sostenible y orientado al bien común con el fin último de paliar el éxodo rural. Sin embargo, el cooperativismo como panacea a la despoblación rural presenta ciertas limitaciones ya que no responde a la competitividad e internacionalización que rigen los mercados actuales.

La segunda aportación elaborada por Cristina Benlloch y Carmen Merino analiza como la aceleración de los procesos de digitalización del territorio, tras la irrupción de la pandemia, constituye un arma de doble filo para las áreas rurales. El confinamiento mostró una imagen de espacios más seguros y con una mayor calidad de vida que las ciudades, pero, también se evidenció sus carencias en cuanto al acceso a servicios públicos, educación, empleo u ocio. Son numerosos los impactos positivos que la incorporación de las TICs fomenta: una mayor facilidad en la participación política, el uso de las redes sociales como forma de visibilización del mundo rural, la posibilidad de educación a distancia o la creación de nuevos servicios y empleos. No obstante, se presentan una serie de hándicaps como son una población con escasa cualificación y altamente envejecida que no goza de la formación necesaria para adaptarse a este nuevo contexto. Se concluye con que, previa digitalización del territorio, es necesario dotar a estas poblaciones de las herramientas técnicas y económicas oportunas para familiarizarse con el uso de las nuevas tecnologías.

La aproximación filosófica a las cuestiones contextuales del ámbito rural constituye el segundo bloque de este libro. A través de diferentes alegorías y referencias a pensadores y filósofos de varias etapas históricas, los autores tratan diversos temas como el poder que ejercen los medios de comunicación y la publicidad en los patrones de consumo de las sociedades contemporáneas. Otro tema a destacar es el éxito de las ciencias aplicadas debido a la implantación de fructíferas tecnologías, sobre las ciencias humanas, relegándolas a un segundo lugar y, siendo un posible símil de lo que ocurre entre el espacio urbano y rural. O, finalmente, la pérdida de capital social de los territorios como consecuencia de un mal uso de la digitalización por parte de la acción política.

El último bloque lleva por nombre *Cuestiones de contexto vinculadas al ámbito del Derecho*. De especial interés son las páginas elaboradas por Julio César Muñiz Pérez donde el foco de atención

está en los pros y contras de la digitalización como herramienta de revitalización rural. La idea principal gira en torno a cómo la digitalización no puede ser considerada como una única e inequívoca medida para frenar la pérdida continua de población, sino que, se requiere de la concurrencia de otras medidas adicionales para tratar los desafíos de estos espacios desde una perspectiva integral. Como ejemplos teóricos, el autor propone medidas destinadas a la formación digital de la población ya residente, a la vez que otras acciones como bonificaciones o ventajas fiscales para atraer a nuevos pobladores de las zonas urbanas. También resulta interesante la propuesta que realiza sobre “informes de impacto rural” como herramienta para una mejor cooperación en la gestión de los espacios rurales entre las diversas administraciones públicas, cuyo objetivo principal es que aquellas personas que quieran mantenerse en el medio rural tengan los recursos necesarios para hacerlo. No obstante, hay una excesiva teorización en las propuestas planteadas que no muestran posibilidades prácticas y reales de actuación para el desarrollo rural.

Desde el punto de vista del análisis geográfico, las contribuciones que componen este libro no dudan en calificar como declive demográfico la situación que viene describiendo a los espacios rurales españoles con tendencias a la despoblación y el envejecimiento que se refuerzan mutuamente. Es por ello que se presenta la digitalización como un atisbo de salida para la revitalización de estos espacios. Aun así, se guarda cautela pues también existen limitaciones y obstáculos en el proceso. El medio rural es heterogéneo y complejo por lo que, aunque algunas medidas en términos de digitalización de la economía, puedan mejorar la calidad de vida para estas comunidades, los desafíos y retos presentados no están complementemente solventados. Además, se centran en la formación digital de comunidades rurales, generalmente envejecidas, sin tener en cuenta qué es realmente lo que desean las personas que habitan y dotan de sentido funcional a estos espacios geográficos. Por ende, ante los problemas de cambios estructurales y su elevada complejidad, se requieren también abordajes estructurales y complejos basados en la gestión y planificación territorial.

Por tanto, esta obra no pretende ser una guía sobre medidas concretas a favor de la implantación de nuevas tecnologías en el medio rural, sino un acercamiento a un marco general sobre cuál es la situación que se vive en los entornos rurales actuales en un mundo cada vez más globalizado, digitalizado e inmerso en una nueva revolución industrial y tecnológica. En este sentido, los diferentes enfoques aportados en torno al proceso de digitalización responden suficientemente al título de este libro: *cuestiones de contexto*. Además, la selección e incorporación de una bibliografía actualizada y accesible al final de cada capítulo permite seguir indagando, con mayor profundidad, en cada una de las cuestiones planteadas.

Sin embargo, el lector puede sentirse desorientado debido a la ausencia de un mayor hilo argumentativo y conceptual entre capítulos de diversa índole. Asimismo, el medio rural desaparece por completo en algunas páginas del libro y más bien se ha de intuir que de alguna forma se le está haciendo mención, aunque no sea explícitamente. En consecuencia, quizás se eche en falta un epílogo que permitiese resumir o conectar líneas de investigación tan diversas como las abordadas, principalmente para posibles lectores no familiarizados con la terminología propia de algunas de las temáticas o disciplinas reflejadas en la obra.

En resumen, son muchas las aportaciones de distintas disciplinas que contribuyen a la confección de este libro, otorgando un claro rigor científico y pluridisciplinar. Junto a ello, las reflexiones realizadas desde un marco más filosófico, con claras analogías entre mitos del pasado y hechos del presente, así como la presentación de temas de actualidad y relevancia geográfica y económi-

ca, acercan al lector a diferentes perspectivas y enfoques en el estudio de la digitalización de los entornos rurales.

Reseña de *La révolution agro-écologique*

Review of *La révolution agro-écologique*

EGUZKI URTEAGA¹  0000-0002-8789-7580

¹Universidad del País Vasco, España

1. Datos Bibliográficos

Autor de la obra: Matthieu Calame

Título de la obra: *La révolution agro-écologique*

Ciudad de edición: París (Francia)

Editorial: Seuil

Fecha de edición: 2023

Número de páginas: 128

ISBN: 9782021499544

2. Resumen expositivo

Matthieu Calame acaba de publicar su libro, titulado *La révolution agro-écologique*, en la editorial Seuil. Conviene recordar que el autor es ingeniero agrónomo y director de la Fundación Charles Léopold Mayer para el progreso del ser humano tras haber sido, durante tres años, presidente del Instituto Técnico de Agricultura Biológica (ITAB). Entre sus libros, podemos citar *Une agriculture pour le XXI^{ème} siècle* (2007), *La tourmente alimentaire* (2008) *Comprendre l'agro-écologie* (2016), *Enraciner l'agriculture* (2020) o *La révolution agro-écologique* (2023).

En la presente obra, el autor constata que la invasión parcial del territorio ucraniano por las tropas rusas en 2022 ha reavivado las cuestiones alimentarias y agrícolas, poniendo de manifiesto la doble dependencia de los países occidentales en estas materias: de forma directa, hacia los productos agrícolas importados, y, de manera indirecta, “hacia los factores de producción indispensables que son los carburantes y los fertilizantes a base de nitrógeno, vinculados al gas y al petróleo” (p.7). De hecho, si, en apariencia, el sector agrícola de las sociedades desarrolladas parece

Fechas • Dates

Recibido: 2024.01.16
Aceptado: 2024.04.26
Publicado: 2024.05.27

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Eguzki Urteaga
eguzki.urteaga@wanadoo.fr

ser eficiente, en realidad, “es incapaz de superar las crisis que lo amenazan. Sus fundamentos se fisuran bajo los duros golpes de los acontecimientos climáticos, tales como la ocurrencia creciente de las sequías, de los tornados y de las lluvias [torrenciales]. Simultáneamente, el despertar de los imperialismos y la perspectiva de enfrentamientos de alta intensidad se acompañan de una fragmentación del mundo, que convierte en más aleatoria la confianza en un mercado mundial proveedor de alimentos o de medios para producirlos” (p.7).

Ante semejante panorama, se pregunta el autor: ¿Cómo prevenir la agravación anunciada de estas crisis? ¿Cómo alimentar, en el futuro, a 8 o 9 mil millones de seres humanos, al tiempo que se preserva el suelo, el agua y los equilibrios biológicos de los que depende la supervivencia de la especie humana? ¿Cómo proteger la agricultura y la alimentación, y a qué nivel? Lo cierto es que el modelo agro-industrial muestra señales de agotamiento y “la agricultura, como el conjunto de la actividad humana, se distancia del modelo industrial y contempla una [unión] con la ecología”, lo que da pie a la revolución agro-ecológica que el autor teoriza, ilustra y defiende en esta obra (p.9).

Calame recuerda que, en las últimas décadas del siglo XX, la cuestión agrícola se ha eclipsado. La industrialización y la urbanización han conducido a la desaparición progresiva del campesinado y, posteriormente, al rápido debilitamiento del mundo agrícola. Si durante el siglo XIX, se aplica la ley de los rendimientos decrecientes en materia agrícola, inspirándose en la teoría del economista liberal Ricardo (1999, primera edición en 1817), y se procede a un ajuste entre la población y la alimentación, inspirándose en Malthus (2020, primera edición en 1798), y el inicio del siglo XX hereda del pesimismo maltusiano, la segunda mitad del siglo XX contradice las predicciones del economista británico fallecido en 1834, dado que el crecimiento demográfico se compagina con la intensificación creciente del cultivo de la tierra. No en vano, en las sociedades industriales posteriores a la Segunda Guerra Mundial, la mecanización ha llevado a una disminución constante del empleo agrícola, hasta convertirlo en algo marginal, cuando se situaba entre el 50 y el 90% de dicha población, según los países, en el siglo XIX. Si la industrialización de la agricultura ha permitido una disminución notable de la hambruna, ha hecho desaparecer la sociedad campesina (Mendras, 1970).

No en vano, a partir de los años sesenta y setenta del pasado siglo, surgen ciertos interrogantes a propósito de las consecuencias a medio y largo plazo del desarrollo industrial sobre los recursos del planeta. La obra *Printemps silencieux* de Rachel Carson (2019) sobre el problema de los pesticidas o *Small is beautiful* de Ernst Schumacher (1979) a favor de otro sistema de desarrollo dan cuenta de ello. Pero, el temor de la hambruna ya no figura en la agenda política y, “en la euforia de su triunfo, al término de la Guerra Fría, el bloque occidental, dominado por el neoconservadurismo, cree en el ‘fin de la historia’” (p.10), según la expresión de Francis Fukuyama (2009). En este contexto, la cuestión agrícola es meramente un objeto conflictivo entre los Estados Unidos y la Unión Europea en materia comercial, en plenas negociaciones del *General Agreement of Tariffs and Trade* (GATT), es decir del *Uruguay Round* que se desarrolla entre 1986 y 1995.

No obstante, los temas ecológicos no desaparecen del debate científico. Numerosos estudios llevados a cabo confirman los temores iniciales, sin provocar por ello una reacción política. Los decisores pretenden arreglar la cuestión climática organizando cumbres internacionales y consideran que la innovación tecnológica permitirá encontrar una solución. Como lo indica el autor, desde la perspectiva actual, “estos Treinta Neoliberales (1979-2008) parecen estar muy despreocupados” (p.10).

Pero, a partir del nuevo milenio, la relativa quietud de la opinión pública se desvanece como consecuencia de cuatro acontecimientos relevantes que propician una toma de conciencia.

- El 28 de julio de 2006, “el fracaso del ciclo de negociaciones de Doha, en el marco de la Organización Mundial del Comercio (OMC) que tropieza sobre la cuestión agrícola, ratifica el final del proceso de globalización económica” (p.11).
- En 2008, “como consecuencia del rápido aumento del precio del petróleo y de la crisis financiera, los precios de los productos agrícolas se disparan. (...) Alcanzan su máximo en 2010 y desempeñan un rol determinante en el desencadenamiento de las Primaveras Árabes” (p.11).
- En 2010, consecutivamente a la sequía, “Rusia interrumpe sus suministros de trigo, agravando las tensiones en los mercados. (...) La perspectiva de que un clima imprevisible y no controlable se convierta en el factor determinante de las cosechas se impone (...). Y, lejos de mejorar, la situación parece agravarse” (p.11). Por lo cual, a partir de 2009, la Organización de Naciones Unidas por la Alimentación y la Agricultura (FAO) “lanza la iniciativa *Climate Smart Agriculture* que aspira a promover unas prácticas más resilientes ante el calentamiento climático” (p.11).
- En 2010, el relator de Naciones Unidas sobre el derecho a la alimentación, Olivier de Schutter, escribe en su informe anual que, para conseguir ese objetivo, “no es suficiente con [invertir] más dinero en la agricultura. Lo más importante es tomar unas medidas que faciliten la transición hacia un tipo de agricultura con escasas emisiones de carbono, [que permitan ahorrar] recursos [y] que beneficien a los agricultores más pobres” (pp.11-12). Ese informe analiza de qué manera “la agro-ecología, como modo de desarrollo agrícola que ha tenido un notable éxito a lo largo de la última década, podría jugar un rol central en la consecución de ese objetivo” (p.12). Es la primera vez que, a semejante nivel de responsabilidad, se cuestiona la agricultura industrial y se promueve la agro-ecología.

En los años posteriores, concretamente entre 2006 y 2010, el cambio de perspectiva se acelera. El cúmulo “de malas cosechas, [episodios] climáticos, bloqueos políticos, disturbios [que se transforman] en revoluciones, y, por último, la emergencia al más alto nivel de una crítica del modelo agronómico han creado (...) las condiciones socioculturales para [un cambio]”, empezando por una modificación de la mirada sobre las políticas agrícolas (p.12). La idea según la cual el modelo de la agricultura industrial está agotado y necesita una profunda reforma deja de ser una opinión marginal y se compagina con un consenso científico sobre el calentamiento climático. Esto despierta las reticencias del sector agro-industrial que intenta proteger sus intereses. A pesar de estos intentos, se impone la idea según la cual la agricultura industrial provoca unos profundos desequilibrios ecológicos.

Se multiplican las iniciativas y los conceptos alternativos, tales como la agricultura integrada, razonada, sostenible, de precisión, de conservación, ecológicamente intensiva, etc. Las propias administraciones públicas incluyen algunas de estas nociones en sus planteamientos. Así, en la ley de futuro para la agricultura, la alimentación y el bosque, del 14 de febrero de 2013, “el gobierno francés retoma el término agro-ecología, y la FAO y el COAG (*Committee on Agriculture*) lo han finalmente integrado en su agenda al término de un proceso de tres años, de 2014 a 2017” (p.13).

No en vano, esta modificación progresiva de la legislación apenas se traduce en las políticas públicas elaboradas y posteriormente implementadas. De hecho, “las políticas agro-industriales y sus instituciones permanecen y prosiguen su trayectoria, [a pesar] de sus efectos sociales, políticos y ecológicos” (p.13). Y los cambios realizados son marginales, cuando no son puramente simbó-

licos. Esta situación resulta del modelo de gestión compartido de la agricultura industrial y del poderío del complejo agro-industrial. Esto contrasta con los cambios rápidos que se producen en los hábitos de consumo y las expectativas crecientes de la ciudadanía hacia la agricultura biológica que representa un sector económico emergente.

Semejante situación genera un divorcio creciente entre el sector agro-industrial y la ciudadanía. Y, las modalidades actuales de elaboración de las políticas agrícolas “no permiten reducir la distancia que se amplía entre la sociedad y los actores del sector. La rigidez del marco favorece la rigidez de las posturas de los actores. El énfasis puesto en los dispositivos de apoyo a la producción agrícola a corto plazo (...) descalifica los temas y los retos esenciales a medio plazo” (p.14). El complejo agro-industrial se resiste a abrirse a otros actores, concepciones y prácticas. Considera la agricultura como su coto privado, lo que lo lleva a considerar los actores de la sociedad civil organizada como intrusos y a descuidar las demandas sociales en materia de contaminación del agua por los nitratos, el tratamiento químico de los cultivos o el bienestar animal.

Pero, nos dice el autor, “la agricultura es algo demasiado serio para ser confiado a un solo sector. La implicación debe estar a la altura de sus efectos” (p.15). Según Calame, para tratar correctamente la agricultura del siglo XXI, es preciso “superar la producción inmediata [y] renunciar a hablar únicamente de políticas agrícolas [para priorizar] una visión más amplia que englobe la sanidad, la alimentación, la agricultura, la energía y el desarrollo rural. [Y] la organización sectorial de las políticas agrícolas debe estar subordinada a una perspectiva territorial” (p.15). Esta visión coincide con el enfoque del desarrollo territorial elaborado en los años setenta. Aunque, por aquel entonces, la relación de fuerzas no permitía su extensión y traducción en políticas públicas, la situación ha cambiado desde entonces.

De hecho, un número creciente de personas residentes en zonas urbanas mira hacia el campo. “No se trata únicamente de una franja de pioneros neo-rurales, sino de un movimiento más amplio (...). Esta nueva oleada puede beneficiarse de su experiencia, e incluso de las innovaciones sociales puestas en marcha en materia de circuitos cortos, de acceso a la tierra y al crédito, de funcionamiento colectivo. Ese deseo de territorialización multiforme constituye una fuerza social emergente. Más allá de estos urbanos que dan el paso y forman los neo-campesinos, existe una masa de urbanos que presienten que, por causas ecológicas o socioeconómicas, una parte de su futuro se juega en el campo situado a proximidad” (p.16).

Por lo cual, en un primer capítulo (pp.19-37), el autor presenta “una retrospectiva de la aparición de las políticas agrícolas modernas, de su éxito, en la medida en que han respondido a los retos de la época y a las principales expectativas de sus promotores”. En efecto, a partir de inicios del siglo XIX y hasta finales de los años sesenta del siglo XIX, se opta por una agricultura intensiva e industrial cuya misión consiste en alimentar a la población tras periodos de penurias y privaciones.

No en vano, como lo muestra Calame en un segundo capítulo (pp.39-61), ese modelo entra en crisis por razones económicas, sociales y técnicas pero también sanitarias y medioambientales. De hecho, a partir de finales de los años sesenta, las políticas agrícolas implementadas a nivel estatal y luego igualmente a nivel europeo muestran señales de agotamiento con el aumento del tamaño de las explotaciones agrícolas, el incremento constante de la producción así como el uso creciente de fertilizantes y máquinas que se traducen por la multiplicación de las crisis de sobreproducción, la pérdida de rentabilidad de la actividad y la fragilización de las pequeñas explotaciones familiares; sin olvidar su impacto negativo sobre los ecosistemas y el medioambiente (p.50).

En un tercer capítulo (pp. 63-70), el autor aborda “un concepto clave para las sociedades ecológicas, el de la multifuncionalidad de los territorios, que, a imagen de los ecosistemas, constituyen unos sistemas de interacción entre dinámica biológica, ciclo del agua, función paisajística, etc.”, antes de esbozar, teniendo en cuenta los retos actuales, los principios de una política agro-ecológica inscrita en el marco más global de las sociedades ecológicas.

En un cuarto capítulo (pp.71-89), centrado en la arquitectura de las políticas agro-ecológicas, Calame considera que es preciso actuar a tres niveles: en los factores de producción; en el acompañamiento de los actores, proporcionando un marco jurídico que organice su actividad; y, regulando los mercados que compran y venden los productos agrícolas (p.71). Evoca “los grandes principios de semejante sociedad, tales como la gestión de la energía y de la biomasa, que tendrán un impacto considerable en [el] uso del espacio rural”, y aborda asimismo “los principios específicos de la gestión ecológica de los espacios rurales” y la necesidad de apoyar la sobriedad de los territorios (p.85).

En un quinto capítulo (pp. 91-100), que se titula *El realismo de la revolución*, considera que, para llevar a cabo la revolución agro-ecológica, es preciso abordar tres cuestiones fundamentales: la cuestión financiera, la cuestión política y la cuestión geopolítica. Así, en la última década, tanto los Estados Unidos como Europa han invertido más de 10.000 billones de dólares en la transición agroecológica y pueden ir más allá si existe una voluntad política. A su vez, solamente una organización federal capaz de definir unos objetivos comunes y su reparto entre los territorios está en condiciones de poner en marcha una gestión coordinada entre las distintas escalas territoriales (p.94). Por último, la cooperación internacional resulta indispensable, dado que una política agro-ecológica mundial “debe necesariamente acompañarse de transferencias financieras para acompañar la convergencia, de instrumentos de intervención y de instituciones comunes para gestionarlos, así como de instancias de coordinación” (p.96).

En ese sentido, el objetivo de esta obra es partir “de una historia de las políticas públicas en materia de alimentación y de agricultura, para sentar las bases de una política integrada de la alimentación y de los territorios rurales. Camale resume sus principios de la siguiente manera: 1) esta política pública “está subordinada a la cuestión energética, que se halla en el corazón de la mutación de las sociedades termo-industriales hacia las sociedades ecológicas”; 2) se trata de “una política de gestión de los ecosistemas (una geo-jardinería en lugar de una geo-ingeniería)”; 3) es federalista, “porque, del nivel planetario al nivel individual, necesita el relevo de diversas escalas territoriales”; 4) esta política “debe apoyarse en la formación de una nueva identidad socio-profesional, los neo-campesinos”; 5) su principio básico es “encarecer o hacer difícilmente accesibles los medios de producción que deben ser preservados (...) y mantener un precio elevado de los productos agrícolas, favoreciendo económicamente los sistemas que producen mucho con poco”; y, 7) exige “una dirección colectiva que necesita la puesta en común de los medios, recurriendo especialmente al impuesto sobre los factores raros que deben ser ahorrados, como la tierra y el agua” (pp.102-103).

La cuestión de la rareza lleva el autor a desarrollar una reflexión más amplia sobre la manera en que las sociedades se gestionan, en relación con las tesis defendidas por Ostrom (2010) sobre los comunes. De hecho, existen dos maneras de solucionar los problemas entre las personas: la regla común o la transacción bilateral. En lugar de fijar un precio y de crear un mercado, Camele considera más eficaz dotarse de normas comunes. En ese sentido, si una política alimenticia y territorial es difícilmente concebible sin un mercado, una fiscalidad, unas inversiones y unas subven-

ciones, el núcleo de estas políticas “está constituido por prohibiciones y deberes que conciernen a los elementos naturales imposibles de cuantificar monetariamente, tales como la biodiversidad, la porosidad del suelo, la resiliencia alimentaria, etc.” (p.105). Es la razón por la cual, insiste el autor, es necesario “reflexionar sobre las maneras de instaurar un nuevo orden ecológico” (p.105). Ese cambio puede ser progresivo ecologizando la legislación con menos mercado y más leyes, menos transacciones y más convenios.

Al término de la lectura de *La révolution agro-écologique*, es obvio reconocer la gran actualidad del tema abordado y el profundo conocimiento del mismo del que hace gala el autor, dado que ha dedicado varios libros a la cuestión alimentaria, a la agricultura contemporánea y a la agro-ecología. Ofrece un panorama a la vez global y preciso de la cuestión agraria, las políticas agrícolas, el modelo agro-industrial, los principios agro-ecológicos y la arquitectura de las políticas agro-ecológicas. El razonamiento es coherente, el pensamiento articulado y la conceptualización adecuada. El autor pone su expertise en defensa de una tesis clara que consiste en promover una revolución agro-ecológica dentro de un nuevo orden ecológico. En ese sentido, la dimensión normativa tiende a veces a imponerse a la faceta puramente analítica.

Bibliografía

- Calame, M. (2007). *Une agriculture pour le XXI^{ème} siècle*. Paris: Éditions Charles Léopold Mayer.
- Calame, M. (2008). *La tourmente alimentaire*. Paris: Éditions Charles Léopold Mayer.
- Calame, M. (2016). *Comprendre l'agro-écologie*. Paris: Éditions Charles Léopold Mayer.
- Calame, M. (2020). *Enraciner l'agriculture*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Calame, M. (2023). *La révolution agro-écologique*. Paris: Seuil.
- Carson, R. (2019). *Printemps silencieux*. Marseille: Éditions Wildproject.
- Fukuyama, F. (2009). *La fin de l'histoire et le dernier homme*. Paris: Flammarion.
- Malthus, T.R. (2020, primera edición en 1798). *Essai sur le principe de population*. Paris: Flammarion.
- Mendras, H. (1970). *La fin des paysans*. Paris: Armand Colin.
- Ostrom, E. (2010). *La gouvernance des biens communs. Pour une nouvelle approche des ressources naturelles*. Bruxelles: De Boeck.
- Ricardo, D. (1999, primera edición en 1817). *Des principes de l'économie politique et de l'impôt*. Paris: Flammarion.
- Schumacher, E.F. (1979). *Small is beautiful*. Paris: Points Seuil.

Reseña de *El Canal del Gran Prior a finales del siglo XIX: El Informe del Ingeniero Echegaray*

A Review of *El Canal del Gran Prior a finales del siglo XIX: El Informe del Ingeniero Echegaray*

ALEJANDRO VALLINA RODRÍGUEZ¹

¹ Universidad Autónoma de Madrid, España.

1. Datos Bibliográficos

Autores: Concepción Fidalgo Hijano, Juan Antonio Martín González, Bernardo Sevillano Martín y Juan Carlos Marín Magaz

Título de la obra: *El Canal del Gran Prior a finales del siglo XIX: El Informe del Ingeniero Echegaray*.

Ciudad donde se editó: Ciudad Real (España)

Editorial: Instituto de Estudios Manchegos (CSIC)

Fecha de edición: 2022

Número de páginas: 375

ISBN: 978-84-87248-68-9

2. Resumen expositivo

El libro “*El Canal del Gran Prior a finales del siglo XIX: El Informe del Ingeniero Echegaray*” se centra en el análisis del proyecto de construcción del Canal del Gran Priorato de San Juan, también conocido de forma genérica como Canal del Gran Prior, un proyecto de ingeniería hidráulica de gran envergadura que pretendía transformar el paisaje y el territorio manchego en las últimas décadas del siglo XVIII. El trabajo de investigación se estructura en torno al informe que elaboró el ingeniero Eduardo Echegaray, uno de los más prestigiosos de su época, tras realizar una inspección del canal en 1887, casi un siglo después del inicio del proyecto. El trabajo de averiguación y pesquisa del ingeniero fue exhaustivo, y sirvió para ofrecer una visión de detalle, pero también de conjunto, sobre el estado del canal, permitiendo, así, identificar sus principales problemas y la propuesta de soluciones para el futuro de la obra hidráulica más ambiciosa de esta parte de la submeseta sur de España hasta bien entrado el siglo XX.

Fechas • Dates

Recibido: 2024.02.23
Aceptado: 2024.04.24
Publicado: 2024.05.31

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Alejandro Vallina Rodríguez
alejandro.vallina@uam.es

El libro, cuya estructura está conformada por seis capítulos, comienza con un apartado introductorio a modo de contextualización histórica del proyecto, lo que ayuda a situar al lector en el marco de la política hidráulica de la época y de las necesidades de desarrollo económico de la región manchega en la Ilustración. A continuación, la obra dedica su segundo capítulo a desglosar, de forma pormenorizada y precisa, las características vinculadas al surgimiento del proyecto del Canal del Gran Priorato de San Juan. Desde una perspectiva histórica y territorial, se pone el acento en esta parte del texto en la relevancia del Canal del Gran Priorato, explicando para ello el papel de la propia infraestructura en la época, como símbolo del progreso emanado de la Ilustración europea y española, así como su impacto en la economía y la sociedad de la región a lo largo del siglo XVIII.

En el segundo capítulo de la investigación desarrollada por los autores del libro describe claramente la figura de Juan de Villanueva como arquitecto real y su papel en la transformación urbana de Madrid y la Corte, además de la relación entre Villanueva y el infante Don Gabriel como promotor del canal, y cómo esta colaboración influyó en el diseño y la construcción del proyecto. Adicionalmente, también en el segundo capítulo, se realiza un repaso detallado y minucioso sobre las fases de desarrollo del proyecto, se realiza una descripción del trazado que detalla el recorrido del canal, sus principales características técnicas (longitud, desnivel, etc.) y las dificultades que se encontraron durante su construcción. Tampoco se dejan de lado aquí las cuestiones técnicas relacionadas con las obras de ingeniería, para lo cual se escriben las estructuras más relevantes del canal, como puentes, acueductos, compuertas, etc., destacando su valor arquitectónico, patrimonial e ingenieril; y los materiales y técnicas constructivas, resaltando las innovaciones aportadas por Villanueva.

El tercer capítulo de la obra está dedicado a la figura del ingeniero Echegaray Yzaguirre, que jugó un papel fundamental en la evaluación y mejora del Canal del Gran Prior, cuando este ya había cumplido un siglo de servicio. Se enfrentaba la infraestructura a acuciantes problemas de deterioro y obsolescencia, y se requería de una evaluación técnica profunda para determinar su estado y viabilidad a largo plazo. Aquí resulta clave la explicación sobre el trabajo técnico de Echegaray, que incluyó en su estudio el propio trazado del Canal, las obras de ingeniería, el estado de conservación y el impacto en la región. Con ello se identificaron problemas graves, tales como filtraciones, derrumbes, falta de mantenimiento y dificultades en la navegación. Frente a este estado, se propusieron soluciones técnicas para mejorar el estado del canal, incluyendo la reparación de estructuras, la modernización del sistema de riego y la mejora de la navegabilidad.

Todos estos aspectos se detallan en el capítulo tercero de esta obra que, junto con el cuarto, dan cuenta de la titánica e imprescindible tarea llevada a cabo por Echegaray, cuyo legado constituye un documento clave, de enorme trascendencia territorial y geográfica, y con implicaciones para la toma de decisiones sobre el futuro del Canal del Gran Prior y la zona castellanomanchega en que está inserta. Precisamente a esta relevancia territorial, los autores de esta obra reseñada le dedican un extenso y cuidado cuarto capítulo, donde se pone de manifiesto que el informe de Eduardo Echegaray sirvió, en primera instancia, para el objetivo prioritario con el que fue encargado, que es decir, la planificación de las obras de mejora y modernización del canal que se llevaron a cabo en las siguientes décadas. Además de esto, esos trabajos contribuyeron a la revalorización del Canal del Gran Prior como patrimonio histórico y cultural, por cuanto la meticulosa evaluación de Echegaray permitió un conocimiento profundo del estado del canal, a través de propuestas técnicas que fueron innovadoras para la época y sentaron las bases para la

modernización del canal y la continuación del servicio básico como infraestructura hidráulica hasta mediados del siglo XX.

Es fundamental señalar que, adicionalmente a lo ya señalado con respecto a este cuarto capítulo, verdadero núcleo de la obra “El Canal del Gran Prior a finales del siglo XIX: El Informe del Ingeniero Echegaray”, los autores hacen aquí una inestimable aportación para la geografía, que necesariamente ha estado asentada sobre un vasto conocimiento de la región de estudio y un manejo holístico de la disciplina. Y es que la estructura y los contenidos de este capítulo dan cuenta, desde la visión de la geografía histórica, de una magnífica descripción del paisaje de La Mancha a finales del siglo XIX, incluyéndose aspectos clave como la geología, la hidrología, la vegetación y los usos del suelo. Ello permite comprender de forma muy fluida cómo el Canal del Gran Prior transformó el espacio geográfico de la región, creando nuevos regadíos y modificando la dinámica social y económica, lo que conforma un verdadero ejercicio de síntesis de la evolución del paisaje manchego a lo largo del tiempo. Desde la geografía del agua, los autores ofrecen al lector una visión integradora sobre la gestión del agua en el Canal del Gran Prior, incluyendo cuestiones como las captaciones, el almacenamiento, la distribución y el uso del agua para riego, permitiendo una comprensión sin precedentes acerca de los desafíos y las soluciones técnicas relacionadas con la gestión del agua en un contexto histórico específico, y en zonas áridas y semiáridas de la Península Ibérica.

Tampoco descuidan los autores aspectos vinculados a la geografía humana, por cuanto la obra analiza el impacto económico del Canal del Gran Prior en la región, incluyendo el desarrollo de la agricultura, la industria y el comercio. El Canal generó cambios sociales, como la mejora de las condiciones de vida y la creación de nuevos empleos, y ello muestra cómo la infraestructura hidráulica puede ser un motor de desarrollo económico en zonas rurales y aporta información valiosa para la geografía económica actual, especialmente en el contexto de la planificación territorial y el desarrollo rural de La Mancha. Por último, se destaca el valor histórico y cultural del Canal del Gran Prior como patrimonio industrial, poniendo de manifiesto la relación entre la gestión y la valorización de paisajes culturales.

En el capítulo cinco se expone por parte de los autores un interesante ejercicio de trabajo de campo sobre las determinaciones del informe de Echegaray, en el que se detallan las características técnicas actuales del canal, su trazado, las obras necesarias para su construcción y las posibles dificultades que podrían surgir. Se incluye aquí un estudio del impacto ambiental que podría haber tenido el canal, así como un análisis de las repercusiones sociales y económicas que se esperaban de su construcción. Finalmente, se ofrece una valoración del proyecto, destacando sus aspectos positivos y negativos. En el sexto y último capítulo, dedicado a las consideraciones finales queda patente que el informe de Echegaray no estuvo exento de críticas, principalmente por parte de algunos sectores que defendían la conservación del canal en su estado original. A pesar de las controversias, los autores afirman y defienden que el informe de Echegaray fue un punto de inflexión en la historia del Canal del Gran Prior, al marcar el inicio de una nueva etapa de desarrollo y modernización.

El libro “El Canal del Gran Prior a finales del siglo XIX. El Informe del Ingeniero Echegaray” es una obra de gran interés para los investigadores que se dedican a la historia de la arquitectura y las ciencias, pero también a la evolución geográfica física y humana, la agricultura, el paisaje, el patrimonio cultural o la antropología, entre otras disciplinas.

Más allá de la descripción de los contenidos de la obra, resulta interesante apreciar cómo los autores han realizado un trabajo exhaustivo de análisis del informe de Echegaray, y han contextualizado el proyecto en el marco de la época de forma precisa. El trabajo de investigación muestra un cuidado y reflexivo equilibrio en el análisis de fuentes geohistóricas, que incluye el análisis de mapas, planos y fotografías del propio informe de Echegaray. A todo ello, los autores han agregado una precisa búsqueda en archivos históricos y otros estudios académicos, coadyuvantes en el necesario de encuadre del proyecto ingenieril y socioterritorial, junto a una intensa labor de trabajo de campo que se despliega en los capítulos cuatro y quinto, y que resulta un valor fundamental para la comprensión y el análisis de los procesos espaciales y la dinámica de los paisajes y el territorio analizado. El libro muestra claramente la utilización de criterios de calidad y pertinencia, e incluso realiza una crítica interna y externa de las fuentes, valorando su autenticidad, credibilidad y representatividad que lleva, por ejemplo, a comparar el proyecto del Canal del Gran Prior con otros proyectos hidráulicos de la época.

Todo ello es clave para la interpretación de los resultados que hacen los autores, basada en un método de “triangulación de datos” de las diferentes fuentes para obtener una interpretación más completa y fiable, de la cual se extraen conclusiones sólidas y bien argumentadas. Resultado de esto es una estructura, y unos contenidos, con un elevado rigor científico y que sigue los estándares de la investigación geohistórica en lo relativo a la variedad de técnicas de análisis y metodologías de trabajo al servicio de la obtención de una visión completa del proyecto del Canal del Gran Prior.

El resultado es una obra coherente en cuanto a la forma clara y lógica, que adentra al lector en el proyecto del Canal del Gran Prior desde una visión puramente geográfica, y lo muestra como ejemplo de proyecto de desarrollo territorial fallido que puede servir para aprender de los errores del pasado. Además, con una óptica de crítica fundamentada y actual, se pone el acento en el debate sobre el impacto ambiental de los proyectos hidráulicos, sigue siendo relevante hoy en día, en el contexto de la crisis climática. Sin duda, esta obra contribuye decisivamente a la recuperación de la memoria histórica de la geografía, el territorio y las gentes de la región manchega.