

Investigaciones Geográficas

Instituto Interuniversitario de Geografía

84



INVESTIGACIONES **GEOGRÁFICAS**

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

EDITORIAL

Universidad de Alicante. Instituto Interuniversitario de Geografía.

Carretera San Vicente del Raspeig, s/n. 03690, San Vicente del Raspeig - Alicante (España)

Tel.: (34) 965903400 Ext. 3380

investigacionesgeograficas@ua.es – <https://www.investigacionesgeograficas.com>

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

Depósito legal: A-52-1983 - DOI: <https://doi.org/10.14198/INGEO>



Los trabajos se publican bajo una licencia [Creative Commons de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), salvo que se indique lo contrario.

© la autoría

Las opiniones reflejadas en los contenidos publicados en *Investigaciones Geográficas* son responsabilidad exclusiva de sus autores/as.

Índice

Index

ARTÍCULOS | ARTICLES

Estudio cronológico de los volúmenes de precipitación en las subcuencas de la rambla de Poyo en el episodio del 29 octubre de 2024.....	9
<i>Alejandro J. Pérez Cueva, Rafael Armengot Serrano, Ghaleb Fansa Saleh, José Ángel Núñez Mora, Adrián Revert Ferrero</i>	
Percepción del sistema ES-Alert: un análisis exploratorio en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.....	31
<i>Fernando Medina Morales, Pablo Mayer Suárez</i>	
Análisis territorial de la vulnerabilidad social en ciudades de Quintana Roo, México: Un enfoque multidimensional.....	43
<i>Adriana Lucía Trejo Albuerne, Naxhelli Ruiz Rivera</i>	
Desierto, Clima y Turismo. La importancia de la información climática para la gestión y planificación turística en la provincia de Isfahán (Irán)	67
<i>Fatemeh Nourmohammadi-Najafabadi, María Belén Gómez-Martín</i>	
Uso de datos de reanálisis climático del ERA5 y el SPI para el estudio de las sequías (1941-1970) en El Hierro (Islas Canarias)	89
<i>Damián Caballero Fernández, Ferran Salvador Franch, Pedro Agustín Padrón Padrón, Montserrat Salvà Catarineu</i>	
Comparative analysis of rainfall data from remote sensing and surface stations in the Paracatu river basin, Brazilian Cerrado	113
<i>Maycow Douglas de Oliveira Silva, Paulo Sérgio Cardoso Batista, Sharrine Omari D. de Oliveira Marra, Marinaldo Loures Ferreira</i>	
Análisis de la filiación corológica y el estatus de amenaza de los taxones que integran los alcornocales de la Sierra de Espadán (Castellón, España)	127
<i>María Cristina Díaz-Sanz, Pedro José Lozano-Valencia</i>	
Geoturismo en Espacios Volcánicos Naturales: La Ruta de los Volcanes (La Palma, Islas Canarias, España)	145
<i>William Hernández, Javier Dóniz-Páez, Josué Pérez Pérez, Nemesio Pérez</i>	
La campiña atlántica vasca: gestión, protección y ordenación de su paisaje	169
<i>Galder Mentxaka Goñi, Nagore Dávila Cabanillas</i>	
Espacio rústico o libre: una visión geográfica de su ordenación y protección a propósito del caso de Andalucía (España)	189
<i>Rafael Garzón-García, Gema Florido-Trujillo, Rafael Vega-Pozuelo, María Luisa Ramírez-López</i>	
Evolución espacio-temporal de los homicidios en Ecuador de 2015 a 2022	215
<i>Karina Lalangui Vivanco, Christian Sánchez-Carrillo, Emmanuelle Quentin</i>	
Localización y factores territoriales asociados a los accidentes ciclistas en Ciudad de México	231
<i>Mateo Carlos Galindo Pérez</i>	
Consideraciones sobre las percepciones y aspiraciones de los usuarios de las Zonas de Expansión Canina de la ciudad de Granada (España).....	249
<i>José Luis Serrano-Montes, Luz María Martín-Delgado, Francisco Javier Rodríguez-Segura</i>	

ARTÍCULOS
ARTICLES

Estudio cronológico de los volúmenes de precipitación en las subcuencas de la rambla de Poyo en el episodio del 29 octubre de 2024

Chronological Study of Precipitation Volumes in the Sub-basins of the Rambla de Poyo during the October 29, 2024 Event

AUTORÍA

Alejandro J. Pérez

Cueva 

Universitat de València, España.

Rafael Armengot

Serrano 

Associació Valenciana de Meteorologia
(AVAMET), España.

Ghaleb Fansa Saleh 

Universitat de València, España.

José Ángel Núñez

Mora 

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET),
España.

Adrián Revert Ferrero 

Valencian Association of Meteorology
(AVAMET), España.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.30056>

CITACIÓN

Pérez Cueva, A. J., Armengot Serrano, R., Fansa Saleh, G., Núñez Mora, J. Á., & Revert Ferrero, A. (2025). Estudio cronológico de los volúmenes de precipitación en las subcuencas de la rambla de Poyo en el episodio del 29 octubre de 2024. *Investigaciones Geográficas*, (84), 9-29. <https://doi.org/10.14198/INGEO.30056>

CORRESPONDENCIA

Ghaleb Fansa Saleh (ghaleb.fansa@uv.es)

HISTORIA

Recibido: 14 mayo 2025

Aceptado: 16 julio 2025

Publicado: 23 julio 2025

TÉRMINOS

© 2025 Alejandro J. Pérez Cueva, Rafael Armengot Serrano, Ghaleb Fansa Saleh, José Ángel Núñez Mora, Adrián Revert Ferrero

 Este trabajo se publica bajo una licencia Creative Commons de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

Se reconstruye la precipitación horaria y se analiza su volumen en las subcuencas de la rambla de Poyo y del barranco de la Saleta. Se aplica una metodología de reconstrucción de retículas de precipitación a partir de la interpolación geoestadística de datos de todas las redes de observatorios existentes. Se calculan valores desagregados de volumen de precipitación a escala temporal horaria y a escala espacial de las principales subcuencas de la rambla. Esta precipitación llega a tener hasta tres fases diferenciadas. Destaca la gran importancia de los aportes de la parte de la cuenca no aforada, en particular los del barranco de Gallego y del barranco de l'Horteta. Estos datos, en su conjunto muestran que se trata de un episodio excepcional en las intensidades horarias, pero no tanto en los volúmenes totales ni en los máximos diarios, si lo comparamos con episodios históricos de toda la provincia de Valencia y del arco N del Mediterráneo occidental, ya que en esta ocasión el temporal estuvo muy focalizado en las cuencas del Poyo y del Magro y un sector del Turia, y no afectó a la zona litoral. La aportación del agua no aforada es importante, en especial, en la segunda fase de riada de la rambla de Poyo, la más crítica. Los volúmenes aportados por la parte no aforada de la rambla en esta segunda fase son equivalentes en magnitud a los aportados por las subcuencas de aguas arriba del único aforo existente.

Palabras clave: volumen de precipitación; precipitaciones extremas; Mediterráneo occidental; precipitación horaria; interpolación pluviométrica; dana; catástrofe de l'Horta Sud; 29 de octubre de 2024; rambla de Poyo.

Abstract

Hourly precipitation is reconstructed and its volume analyzed in the sub-basins of Rambla de Poyo and Barranco de la Saleta. A methodology is applied to reconstruct precipitation grids based on geostatistical interpolation of data from all existing observational networks. Disaggregated precipitation volume values are calculated at an hourly time scale and at the spatial scale of the main drainage sub-basins of the Rambla. This precipitation resulted in up to three distinct phases. Remarkably, the contributions from the ungauged parts of the basin are of great importance, specially those from Barranco de Gallego and Barranc de l'Horteta. Taken together, these data show that this is an

exceptional event in terms of hourly intensities, though not as much in terms of total volumes or daily maxima when compared to historical events across the province of Valencia and the northern sector of the western Mediterranean arc. This is because, in this case, the storm was highly focused in the Poyo and Magro drainage basins and a section of the Turia drainage basin, not affecting the coastal zone. The contribution of ungauged water is significant, especially during the second flood phase of Rambla de Poyo, which was the most critical. The volumes contributed by the ungauged part of the Rambla during this second phase are comparable in magnitude to those contributed by the drainage sub-basins located upstream of the only existing gauge.

Keywords: precipitation volume; extreme precipitation; Western Mediterranean; hourly precipitation; rainfall interpolation; cut-off low (dana); l'Horta Sud disaster; October 29 of 2024; Rambla de Poyo.

1. Introducción

En este trabajo se reconstruye el episodio de lluvias torrenciales de la jornada de 29 de octubre de 2024 en las dos principales ramblas tributarias al sector norte de la cuenca de la Albufera, la rambla de Poyo y la de los barrancos de Possalet y de la Saleta. Las avenidas de estas ramblas ocasionaron graves inundaciones en gran parte de l'Horta Sud, en especial en el piedemonte de la Albufera, pero también en otros sectores del interior de sus cuencas, como en Chiva, Cheste y el Pla de Quart.

El propósito del trabajo es aportar información pluviométrica contrastada y rigurosa que permita valorar, desde éste y otros puntos de vista, el conjunto de procesos desencadenados, de tan graves consecuencias. El objetivo principal reside en generar una información pluviométrica de la máxima calidad posible, ante las numerosas y heterogéneas fuentes disponibles. Pero también se intenta conseguir una reconstrucción minuciosa del episodio pluviométrico en cuanto a la temporalidad y distribución espacial de los volúmenes de agua caídos. Sólo de este modo es posible entender el comportamiento hidrológico del episodio.

La crónica detallada de la temporalidad y espacialidad de los volúmenes de agua puede permitir la formulación de hipótesis de comportamiento hidrológico. Algunas de ellas pueden ser controvertidas, pero su contraste escapa a los objetivos de este trabajo. La principal de estas hipótesis es la de la importancia capital que pudo tener el agua precipitada en las subcuencas no aforadas de la rambla de Poyo, como son el barranco de Gallego y el barranco de l'Horteta, así como la precipitación caída en el conjunto Possalet-Saleta. Se trata de volúmenes equivalentes o incluso más cuantiosos que los caídos aguas arriba del aforo de la rambla de Poyo, que generaron un hidrograma de crecida a partir del cual se han extrapolado los valores del pico de crecida en el abanico aluvial de la rambla. También es la base imprescindible para comprender el comportamiento de las avenidas o estimar los porcentajes de escorrentía. Pero el objetivo del trabajo no radica en entrar en los procesos de conversión lluvia-caudal, sino simplemente en valorar el comportamiento del episodio pluviométrico y cuantificar los volúmenes de precipitación.

El estudio de volúmenes de precipitación de episodios concretos es un enfoque poco utilizado en la climatología valenciana. Se ha aplicado en análisis de periodos secos (Boix et al., 1982) para casos de observatorios puntuales, o para valorar y comparar la precipitación caída en contextos torrenciales (con riesgo) frente a contextos en los que predomina el carácter de recurso hídrico de las lluvias (Armengot & Pérez-Cueva, 1996). Se ha destacado el rasgo de recurso que tienen las lluvias torrenciales valencianas, con sectores en los que más del 60 % de la precipitación cae en temporales con características torrenciales (tomando como umbral de torrencialidad la cantidad de 100 mm en 24h).

También se ha utilizado para comparar y valorar la importancia de los grandes temporales de lluvia (Pérez-Cueva & Armengot, 1983), o para contrastar modelos de predicción *ex profeso* (Armengot et al., 2001). También se ha llegado a utilizar como *inputs* de modelos de caja negra en estudios de generación de avenidas, a efectos de estimar los porcentajes de escorrentía de cuencas aforadas de ciertas dimensiones en casos de riadas o episodios pluviométricos extremos (Palanca Galindo, 1999; Morell Cuevas, 2001). Se ha llegado a esbozar una "climatología de la precipitación" en amplios sectores levantinos (Morell Cuevas & Pérez-Cueva, 2000). La Agencia Española de Meteorología (AEMET), en los informes periódicos o de episodios elaborados en su Delegación en la Comunitat Valenciana, suministra evaluaciones de precipitación media de episodios a partir de los cuales es inmediato obtener el volumen total. Aparte de esto, lógicamente, se utiliza en estudios de riadas, como *input* necesario para aplicar los modelos de escorrentía (Camarasa-Belmonte, 1995).

En especial, la falta de estudios de volúmenes caídos en episodios históricos de riadas con un mismo espacio de referencia, hace que no pueda valorarse adecuadamente lo extraordinario de casos como el de la riada de la rambla de Poyo, más allá de intuiciones o hipótesis. En estos casos, la aproximación puntual (el observatorio) es mucho más fácil y utilizada que la espacial (la cuenca o un espacio de referencia). Pero, si no

se utiliza el método estadístico de recurrencias y periodos de retorno de lluvias máximas, basado en valores puntuales de observatorios, para valorar el grado de excepcionalidad del episodio hay que recurrir necesariamente al método histórico, basado en la crónica del suceso, en su percepción y en los efectos causados por la riada (Mateu Bellés, 1983).

Así, del episodio del 29 de octubre de 2024 se puede asegurar que llegó a superar máximos de intensidad horaria en algunos observatorios, como Turís-Masía Calabarra, pero no puede decirse lo mismo del volumen de precipitación caído en 24 horas. Tomando como espacio de referencia la provincia de Valencia, y aplicando la metodología utilizada aquí a los datos de estos episodios históricos, el 19-20 de octubre de 1982 se totalizaron en 24 horas 2.042 hm³, frente a 1.412 hm³ el pasado 29 de octubre de 2024. Probablemente la riada histórica de Sant Carles (Bosch, 1866), del 4 de noviembre de 1864, también superó en volumen a la de 2024. Por contra, el episodio del 13-14 de octubre de 1957, que dio lugar a la riada del Turia, fue semejante en volumen en la provincia, al totalizar 1.414 hm³.

Estos episodios no son excepcionales en el arco norte del Mediterráneo occidental, si tomamos como elemento de comparación la precipitación total diaria máxima. Uno de los episodios más extremos es el Aigüat de Sant Lluç, del 16 al 20 de octubre de 1940, que el día 17 descargó alrededor de 1.000 mm en Sant Llorenç de Cerdans (Becat & Soutadé, 1993). Más contrastados y rigurosos son los valores citados por Rivrain (1999) en Córcega: 906 mm en el Col de Bavella y 701 en Torre Vescovato, desde la noche del 31 de octubre al 1 de noviembre. También son destacables las precipitaciones máximas del episodio de la región de Génova del 7-8 de octubre de 1970, con más de 900 mm en Bolzaneto, Vallereggia (Guigo, 1973). El episodio del Bajo Vallés del 25 de septiembre de 1962, la mayor catástrofe en número de víctimas mortales y desaparecidas, registró un máximo diario únicamente de 250 mm, en Martorelles (Tomás Quevedo, 1963; Llasat, 1987). En un episodio muy reciente, Cassola et al. (2023) citan una cantidad de 740,6 mm en 12 h y 884 mm en 24 h, en Rossiglione (Liguria, Italia).

1.1. El episodio de lluvias torrenciales de 29 de octubre de 2024

Este estudio exige analizar previamente el episodio de precipitaciones torrenciales, no tanto los factores meteorológicos de tipo dinámico, como los ligados al agua precipitable y al propio comportamiento espacial y temporal de la precipitación.

El episodio de lluvias del 29 de octubre de 2024 se ajustó temporalmente de un modo casi perfecto a ese día. En la provincia de Valencia, el comienzo de la precipitación tuvo lugar sobre las 03 horas en el interior sur de la provincia y cesó casi completamente a las 24 horas. Los primeros rayos del día se registraron poco después de las tres de la madrugada, afectando a zonas próximas a la Muela de Cortes, y el primer tren convectivo se formó alrededor de las cinco de la madrugada. Entre las 5 y las 7 horas de la madrugada, la intensidad ya era torrencial, con acumulados en una hora de 62,2 l/m² en Pinet y 79,2 en Millares. Las máximas intensidades tuvieron lugar a primeras horas de la tarde, a caballo entre las cuencas del río Magro y la cuenca de la rambla de Poyo. Estas precipitaciones fueron desplazándose a lo largo del día de SE a NW, de modo que afectaron primero a la cuenca baja del Magro, con posterioridad al sector citado de máximas intensidades, y finalmente a la cuenca media del Turia. En el alto Magro las precipitaciones tuvieron una máxima intensidad entre las 12 y las 16 horas. Esto generó riadas en el abanico aluvial del Magro (l'Alcúdia), en el altiplano de Utiel-Requena, en las cuencas del río de Buñol y en el sector del Turia aguas abajo del Río Reatillo. Pero la principal de estas avenidas fue la que afectó a l'Horta Sud. Las lluvias intensas finalizaron en torno a medianoche.

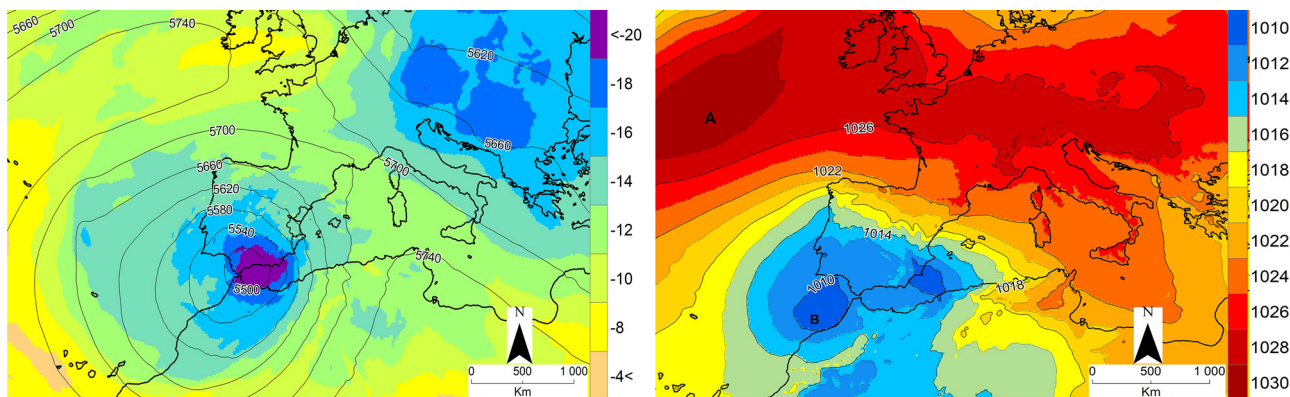
1.1.1. El contexto sinóptico de las precipitaciones

Los días previos a las lluvias torrenciales, una dana se fue descolgando de la circulación general de norte a sur hasta quedar situado su centro en la zona de Gibraltar el día 29. Presentó una temperatura inferior a -22 °C en 500 hPa y gran forzamiento dinámico sobre el este de la Península (Figura 1, izquierda). En superficie, una cadena de altas presiones de bloqueo se extendía desde el suroeste de Irlanda, penetrando por el continente hasta Europa central. Este fue el mecanismo de transporte de la masa de aire cálido y húmedo por el flanco sur del anticiclón. En su recorrido final, el flujo de viento se intensificó, impulsado por la borrasca que se formó en la zona del golfo de Cádiz, en fase con el centro de la dana, por lo que, a partir de ese momento, técnicamente sería una borrasca fría aislada. Además, se formó una baja secundaria de origen mesoescalar a sotavento de la cordillera del Atlas, en el entorno del cabo de Palos (Figura 1, derecha).

En capas bajas, un intenso chorro de viento conducía los sistemas nubosos hacia las montañas litorales y prelitorales de la provincia de Valencia, con ascensos forzados que se sumaban a la flotabilidad positiva en un ambiente inestable previo, produciéndose intensas convergencias de viento y de humedad.

Se trata, pues, de un modelo clásico de contexto sinóptico y mesoscalar, según se desprende de estudios de los mecanismos de estas situaciones atmosféricas tan inestables, como los de Rivrain (1999), Riesco y Alcover (2003), o Martín-Vide et al. (2021).

Figura 1. Temperatura y geopotencial en la superficie de 500 hPa (izquierda) y presión media reducida al nivel del mar (derecha) el 29 de octubre de 2024 a las 18 UTC



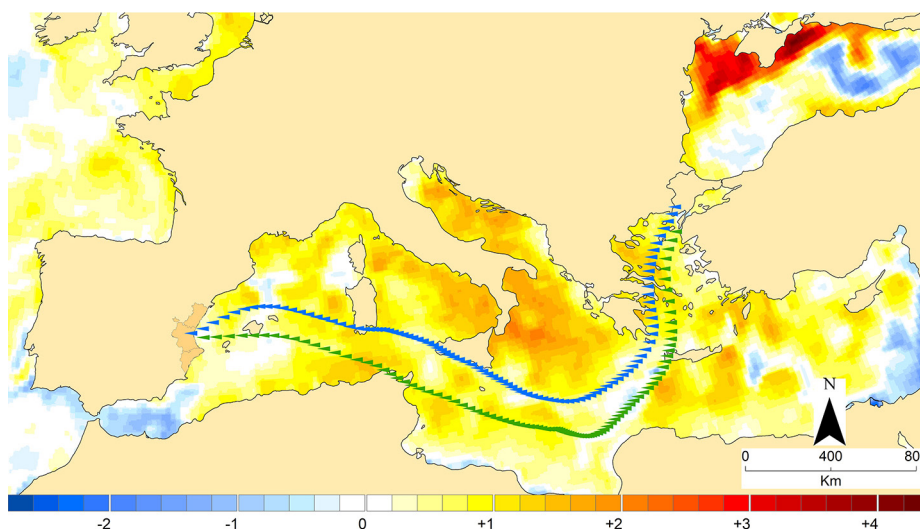
Fuente: datos del Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S). Elaboración propia

1.1.2. El agua precipitable

Un elemento importante para que se produzcan precipitaciones muy intensas en el área mediterránea, con cantidades totales superiores a 200 mm/día, es la presencia de una advección cálido-húmeda en los niveles inferiores de la atmósfera. Cuanto mayor sea dicha advección, más favorable es para que se produzcan lluvias torrenciales, siempre que el estrato bajo siga siendo inestable térmicamente y presente un alto grado de saturación. Así, en situaciones de advección marítimo-mediterránea, es importante la estimación de la humedad relativa en el estrato teórico más bajo, entre superficie y 850 hPa (Riesco & Alcover, 2003). Posteriormente se debe estimar el grado de conexión entre la inestabilidad en capas bajas y el frío en niveles medios, en 500 hPa, teniendo en cuenta que lo fundamental es la inestabilidad en los niveles inferiores.

Por ello, el reanálisis de retrotrayectorias de la masa aire que llegó a Valencia el día 29 a mediodía por debajo de 850 hPa (aproximadamente 1.500 m) es un ingrediente que explica las características térmicas y de humedad de la masa de aire incidente. Según estos reanálisis, la masa de aire había recorrido todo el Mediterráneo en los cuatro días previos, desde el mar Egeo hasta la costa mediterránea peninsular. En su recorrido, el aire fue deslizándose por zonas marítimas con anomalías de temperatura de hasta +2 °C (Figura 2).

Figura 2. Anomalía de temperatura de la superficie del mar el día 28 de octubre de 2024 a las 12 horas respecto al promedio del periodo 1991-2020, y retrotrayectorias del aire en los 4 días previos, finalizando a las 12 horas del día 29 de octubre de 2024

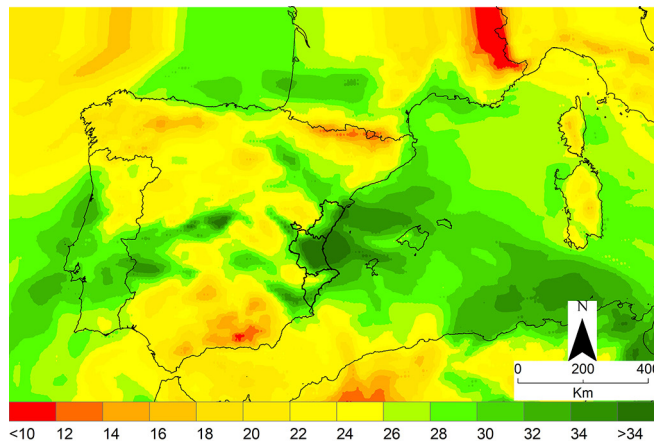


Trazado azul: retrotrayectoria a 500 m de altitud. Trazado verde: retrotrayectoria a 1.500 m de altitud.

Fuentes: datos del Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S) para el cálculo de la anomalía de la temperatura superficial del mar; y NOAA Hysplit para el cálculo de retrotrayectorias. Elaboración propia

Además de recalentarse al deslizarse por zonas del Mediterráneo anormalmente cálidas, el aire se fue cargando de humedad hasta llegar saturado al territorio valenciano en un estrato profundo de la troposfera, desde superficie hasta 9 km de altitud. Los valores de agua total en la columna atmosférica superaron los 35 mm (Figura 3).

Figura 3. Agua total en la columna atmosférica, en milímetros, el 29 de octubre de 2024 a las 18 UTC

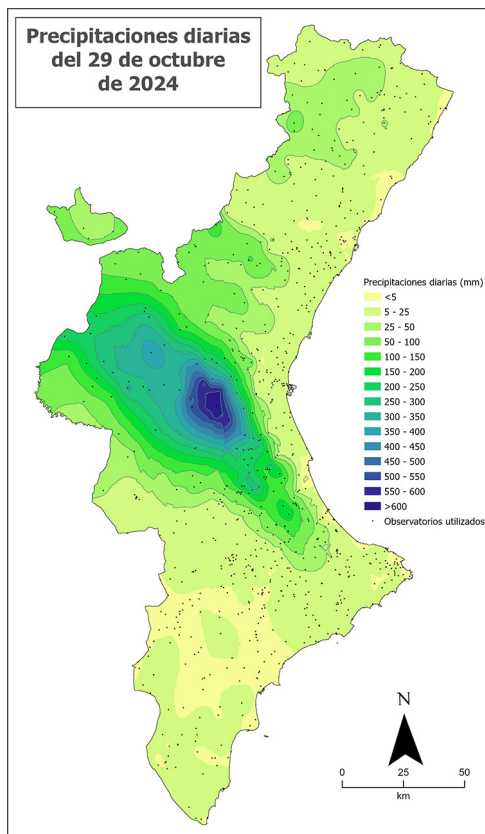


Fuente: datos del Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S). Elaboración propia

1.1.3. La precipitación total

Con estos contextos sinópticos y de agua precipitable, las precipitaciones totales diarias tuvieron un carácter extraordinario. A escala de la Comunitat Valenciana se registró precipitación en todo el territorio, aunque los núcleos en que se acercaron o superaron 100 l/m² fueron únicamente las montañas del interior de Castellón, las sierras ibéricas centrales (Espadán y Javalambre-Calderona) y, con gran diferencia, el eje de precipitaciones central, desde el interior de la Safor hasta el altiplano Requena-Utiel, que se prolongó hasta Cuenca (Figura 4).

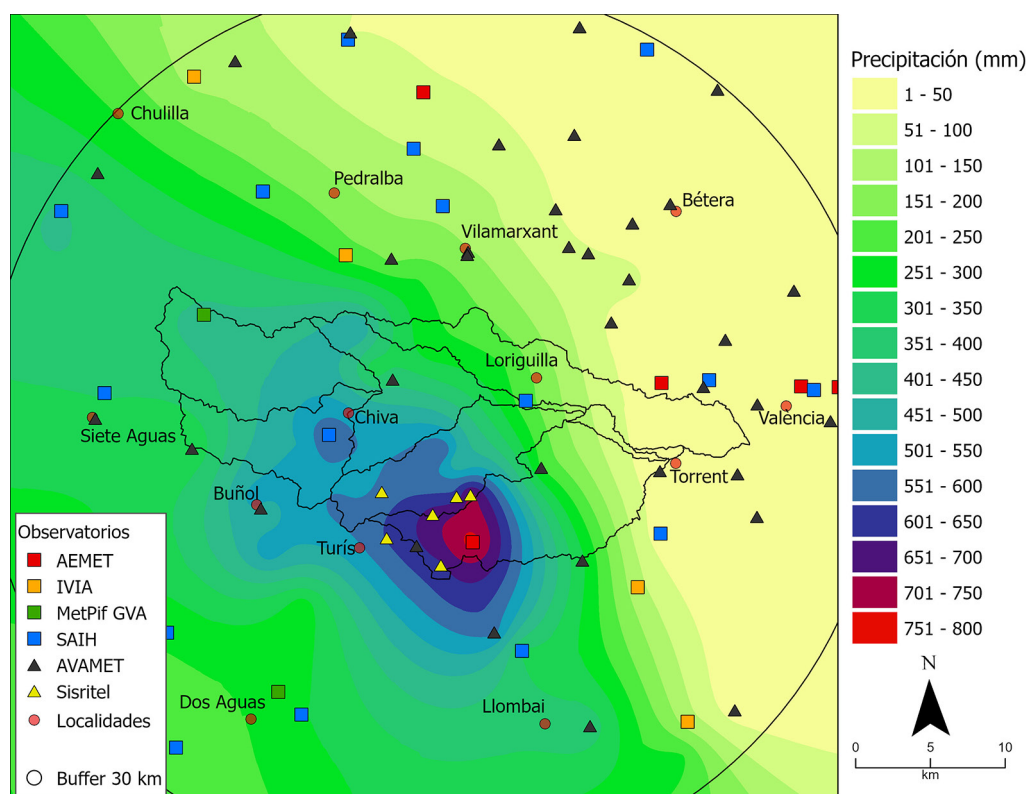
Figura 4. Precipitación total del episodio en la Comunitat Valenciana



Fuente: Associació Valenciana de Meteorologia (AVAMET). Elaboración propia

En la zona estudiada, las precipitaciones se localizan en las cabeceras de las diferentes subcuencas que conforman la rambla de Poyo (Figura 5). Los máximos se localizan en las cabeceras de los barrancos de l'Horteta y de Gallego, y en la divisoria hidrográfica con la cuenca del río Magro. Es destacable el frente pluviométrico del noreste de esta franja de lluvias, con fuertes gradientes entre los escasos milímetros que se recogieron en la llanura litoral y cantidades cercanas a 800 mm en el lugar de máximos. La distancia entre el observatorio de Turís-Masía Calabarra (771,8 mm) y Torrent-CEIP Antonio Machado (6,1 mm) es de 13,4 km en línea recta. Esta localización de los valores máximos, junto con su elevada cantidad, hizo que la cuenca de la rambla de Poyo generase la riada con mayores picos de crecida y la más catastrófica.

Figura 5. Precipitación total del episodio en el área estudiada



Fuente: datos de precipitación de observatorios de AEMET, AVAMET, SAIH-CHJ, IVIA, MetPif GVA y SISRITEL. Elaboración propia

2. Metodología

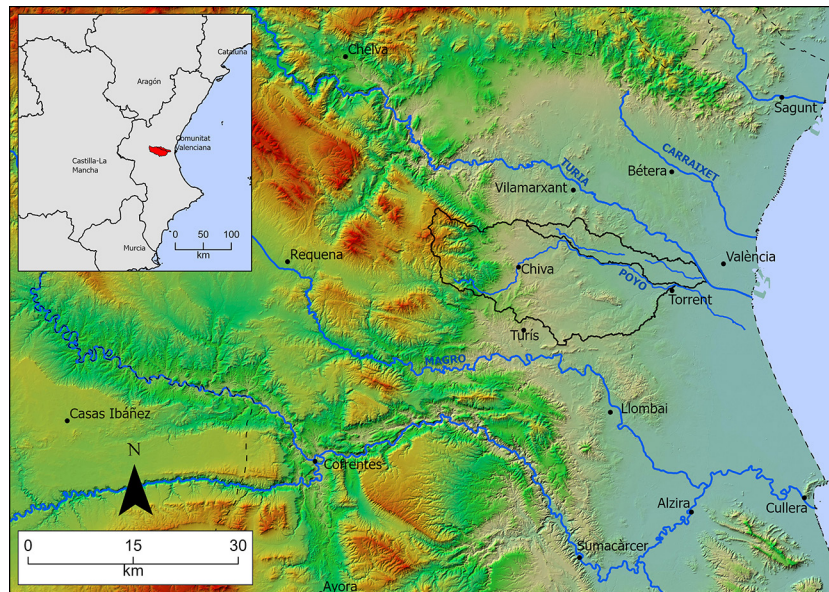
La metodología utilizada exige describir el área de estudio, en este caso las cuencas de la rambla de Poyo y barranco de la Saleta, en particular sus características topográficas, litológicas y usos del suelo. Estos son los principales factores de la conversión lluvia-caudal y del comportamiento de las riadas. En sentido estricto, la metodología se ha centrado en el análisis crítico de las fuentes de datos pluviométricos de los observatorios y en la elección del método geoestadístico de interpolación más adecuado para obtener las retículas de precipitación. Una vez precisada el área y sectores de análisis, así como el método de cálculo de los volúmenes de precipitación, el proceso de cálculo y obtención de resultados es sencillo.

2.1. Área de estudio

Las cuencas de la rambla de Poyo y del conjunto Possalet-Saleta se extienden en el prelitoral valenciano, en el centro de la provincia, al sur del río Turia. Al igual que la del barranco de Carraixet, apenas penetran en la orla montañosa, que, en el caso de la cabecera de la rambla de Poyo, está retranqueada hacia el interior unos 30 km. Son espacios hidrográficos pequeños, intercalados entre las cuencas de grandes ríos, en este caso entre el Turia y el Júcar (Figura 6).

En sus tramos finales tienen abanicos aluviales que contribuyen a formar la orla llana del litoral. Algunos de estos abanicos llegan a ser prominentes y llegan al mar, como los de los grandes ríos, pero en el caso de Poyo y de la Saleta desaguan en la Albufera.

Figura 6. Localización del área de estudio y contexto topográfico

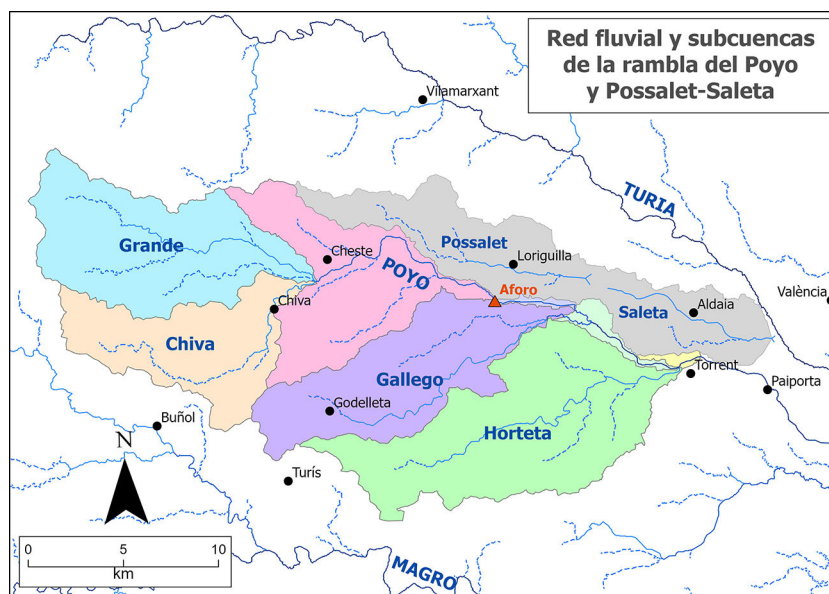


Fuente: datos del ICV (Institut Cartogràfic Valencià). Elaboración propia

2.1.1. Las cuencas

La estructura hidrográfica de la rambla de Poyo consta de dos subcuencas de cabecera que arrancan desde las montañas y confluyen justo antes de Cheste (Figura 7). La rambla de Chiva y la rambla Grande, tienen unas dimensiones parecidas, 52 km² la primera y 72,5 km² la segunda. Tras este punto, la rambla recoge pequeños tributarios de ambas márgenes y, hasta la confluencia con el barranco de Gallego, tiene otra subcuenca semejante en extensión (58,6 km²). En el tramo final de este tercer espacio hidrográfico el cauce se sitúa justo al lado de la divisoria de aguas con la cuenca del barranco de Possalet, de modo que sólo recibe aportes por su margen derecha. Estos llegan de otras dos grandes subcuencas, las de los barrancos de Gallego y de l'Horteta. La cuenca del primero tiene una extensión de 64,5 km², mientras que la superficie de la cuenca de Horteta, la de mayor extensión de todas las subcuencas básicas, es de 95,6 km². Por su parte, el conjunto formado por el barranco de Possalet y el de la Saleta es de 74,6 km². Estos barrancos están conectados hidrográficamente, pues los derrames de Possalet en el Pla de Quart son recogidos enseguida por Saleta. No se ha considerado la parte de la cuenca de la rambla de Poyo a partir del punto apical, lugar en el que se pasa de un flujo concentrado en el valle a su dispersión en la convexidad del abanico aluvial.

Figura 7. Subcuencas de la rambla de Poyo y el barranco de la Saleta



Elaboración propia

Solo los caudales de las tres subcuencas básicas de cabecera (Grande, Chiva y Poyo-medio) pueden registrarse en el aforo principal de la cuenca. Este está situado en el Pla de Quart, cuando el cauce de la rambla de Poyo acaba de pasar por debajo de la autovía AP-3. Entre estas tres subcuencas de cabecera suman 183 km². Poco después, a 4,7 km del aforo, se produce la confluencia Poyo-Gallego. Posteriormente, en Torrent, tras otros 7,4 km, el cauce principal confluye con el barranco de l'Horteta. La parte de cuenca aguas abajo del aforo supone 168 km², por la suma de estas dos grandes subcuencas y de los pequeños espacios de interfluvio inmediatos a la rambla de Poyo (8,5 km²). En la práctica, esto supone que hay tres espacios hidrológicos con funcionamiento independiente: La cabecera de la rambla hasta el aforo y las subcuencas de Gallego y Horteta. Entre los tres suman el 97,6 % de la superficie de toda la cuenca hasta el punto apical, situado entre Torrent y Picanya. El aporte más alejado, el de la cuenca alta hasta el aforo, se produce a 13,4 km de distancia del punto apical, el del barranco de Gallego a 8,7 km y el último aporte, a 1,3 km de este punto.

2.1.2. Geología

Las cuencas hidrográficas de Poyo y Saleta están ubicadas casi al 100 % en la gran cuenca neógena valenciana. Esta se formó en un contexto de hundimiento tectónico del litoral mediterráneo, generado por el proceso de *rifting* europeo desde mediados del Mioceno (Alvarez-de-Buergo & Meléndez-Hevia, 1994; Doglioni et al., 1997; Ayala et al., 2015). Localmente este *rifting* genera una costa ovalada, el Golfo de Valencia, a partir de escalones tectónicos paralelos a la costa. En la cuenca neógena valenciana estos escalones tectónicos se retranquean hacia el interior, de modo que los relieves montañosos más elevados se alejan de la costa. La cabecera de la rambla de Poyo arranca ya en estas montañas interiores, lo que permite que la cuenca tenga una cierta dimensión hasta que se abre al abanico aluvial de la llanura (351,5 km²). Esta superficie es similar a la del Carraixet, la otra gran cuenca de la depresión neógena. Tiene un desnivel considerable, de unos de 1.050 m s.n.m. entre la Loma del Cuco y la Albufera, y unas pendientes acusadas. Son características que le permiten tener unos caudales voluminosos y una respuesta hidrológica rápida (Camarasa-Belmonte, 1995).

La cabecera de la rambla de Poyo se instala en las montañas de calizas jurásicas, en su mayor medida del Lías y Dogger, que se extienden entre Pedralba y Chiva (Muelas et al., 1982). Aproximadamente la mitad superior de sus cuencas, sobre todo la del barranco Grande, se labra en estas calizas, mientras que la parte baja lo hace en la cuenca neógena.

Este sector hundido forma parte de la gran llanura valenciana. La base del relleno son conglomerados y arcillas del Mioceno, recubiertos por materiales de litologías semejantes del Plioceno y por costras calcáreas del Pleistoceno antiguo y otros materiales cuaternarios más recientes (García-Vélez et al., 1980). Son depósitos detríticos continentales, predominantemente de origen fluvial y tanto más arcillosos cuanto más superiores y distales estén situados en la serie sedimentaria. La erosión de estos materiales durante el Pliocuatnario ha dado lugar a los abanicos aluviales costeros, pero también ha generado procesos sedimentarios en el interior. El más importante de ellos es un abanico aluvial conjunto de la rambla de Poyo y del barranco de Possalet en el Pla de Quart. Es una zona interior de derrames, drenaje impreciso y divergencia de aguas, de modo que, en las grandes riadas, el agua de Poyo puede saltar al norte del abanico, juntarse con las de Possalet y pasar a la cabecera del barranco de la Saleta.

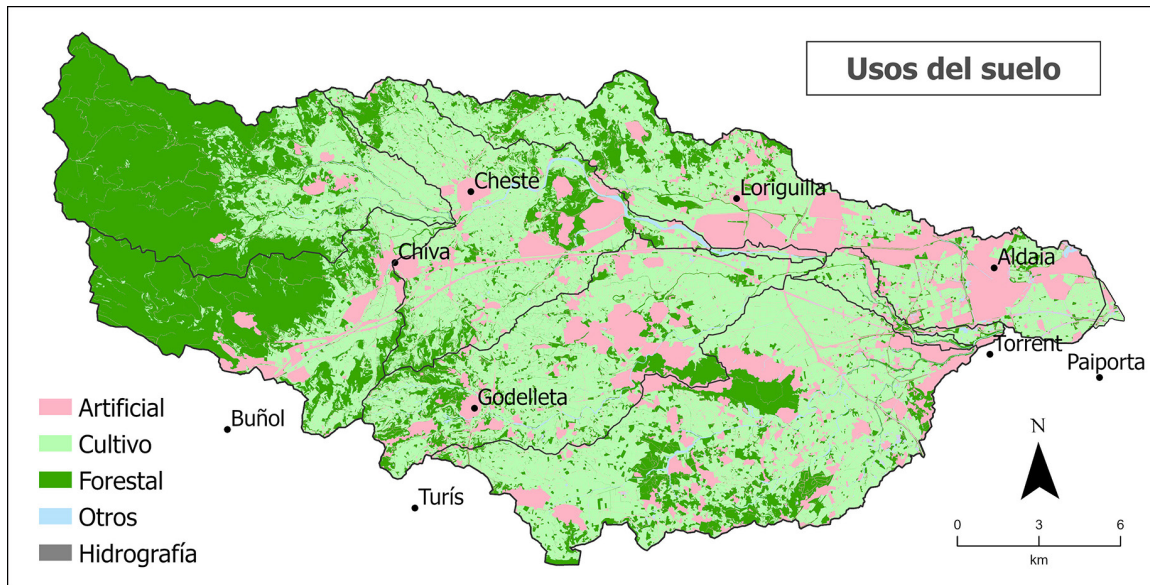
Dentro del bloque hundido con relleno neógeno emergen relieves aislados, el más importante de los cuales es la sierra Perenxisa, un bloque alargado de calizas cretácicas del Santoniense.

2.1.3. Los usos del suelo

Estas características geológicas generales condicionan los usos del suelo, que son casi exclusivamente forestales en las cabeceras de la cuenca y con predominio de usos agrícolas en la parte media y baja (Figura 8). La antropización es cada vez mayor hacia la parte baja de la cuenca, pero los usos artificiales están presentes en todas las subcuencas, por poblaciones, residencias secundarias, una densa red de comunicaciones, y usos industriales y deportivos.

El análisis de usos del suelo por subcuencas muestra claras diferencias entre ellas (Tabla 1). Por una parte, las cuencas de cabecera presentan un predominio de usos forestales (entre el 60 % y el 70 %), una cierta presencia de usos agrícolas en sus partes bajas (25 %-27 %) y modestos porcentajes de usos artificiales. Los valores de estos últimos son mínimos en el caso de la cuenca del barranco Grande, lo que redunda en una mayor presencia de usos forestales. Es la cuenca con menor impacto antrópico.

Figura 8. Usos del suelo en las cuencas de la rambla de Poyo y el barranco de la Saleta



Fuente: datos del COSCV 2024 (Cartografía de Ocupación del Suelo de la Comunitat Valenciana). Elaboración propia

Tabla 1. Porcentajes de usos del suelo en diferentes subcuencas de la rambla de Poyo y el barranco de la Saleta

Tipo de uso	Chiva	Grande	Poyo medio	Gallego	Horteta	Possalet-Saleta	Total Cuenca
Artificial	9,1	3,5	20,6	21,6	20,3	33,0	18,9
Cultivo	27,3	25,2	58,1	58,8	58,8	50,0	47,5
Forestal	61,1	70,9	19,1	18,4	19,0	15,7	32,2
Otros	0,3	0,4	2,2	1,2	1,8	1,3	1,3

Fuente: datos del COSCV 2024 (Cartografía de Ocupación del Suelo de la Comunitat Valenciana). Elaboración propia

Por otra parte, están las cuencas de Gallego y l'Horteta y la cuenca media del Poyo, desde la confluencia en Cheste de los barrancos Grande y Chiva hasta la confluencia con el barranco de Gallego. Estas tres subcuencas presentan porcentajes casi idénticos de usos del suelo. Cerca de un 20 % son usos forestales, por la presencia de relieves aislados, sobre todo la sierra Perenxisa, y un claro predominio de usos agrícolas, con valores cercanos al 60 %, así como valores de usos artificiales algo superiores al 20%. La gran similitud de estos porcentajes en cuanto a usos del suelo y también de otras características, como las topográficas y litológicas, hace presuponer que su comportamiento hidrológico es parecido. Finalmente, la cuenca de Possalet-Saleta presenta valores intermedios entre los dos grupos descritos, pero más cercanos a los de la parte media y baja. El mayor peso de usos del suelo artificiales es debido al efecto de los polígonos industriales, centros comerciales y la alta densidad de vías de comunicación de la parte oriental (Saleta), mientras que la parte alta (Possalet) es mucho más agrícola.

2.2. Fuentes

Para la elaboración del presente estudio se han analizado los datos de 112 estaciones meteorológicas automáticas: 26 situadas en las cuencas investigadas y 86 situadas en los alrededores, dentro de un buffer de 30 km desde el centroide del espacio considerado. También se ha tenido en cuenta, como posible fuente de información pluviométrica, de carácter no puntual, los datos de estimación de precipitación del radar de AEMET de Cullera. Las redes de datos de observatorios utilizadas han sido AVAMET (Associació Valenciana de Meteorologia), AEMET (Agencia Estatal de Meteorología), SAIH-CHJ (Sistema Automático de Información Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Júcar), SISRITEL (Sistema de Riego Telemático, una empresa de control e información de riegos), IVIA (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias) y MetPif GVA (Red de información meteorológica para la prevención de incendios forestales de la Generalitat Valenciana).

Para el cálculo de las cuencas hidrográficas y en la reconstrucción de la red de drenaje topográfica se ha utilizado un MDT (Modelo Digital de Terreno) de 5 m de resolución.

2.2.1. El radar

Para mejorar la representación espacial de la precipitación y suplir las carencias derivadas de las interpolaciones realizadas con un número limitado de observaciones dentro de una distribución compleja de la precipitación, se ha explorado la posibilidad de utilizar el campo de precipitación estimada en base a datos radar. Este es un campo continuo que se puede utilizar como deriva externa a la hora de hacer la interpolación (Collier, 2002).

El método ha consistido en obtener el producto de estimación de precipitación en 6 horas del radar de Valencia (15 a 21 hora oficial del 29 de octubre de 2024), que fue cuando se registró el máximo de precipitación, superponer los datos de observación de las estaciones meteorológicas con registros horarios, y extraer el dato de precipitación estimada de cada observatorio. Con esos datos, se ha construido un modelo de regresión entre la precipitación registrada y la estimada por el radar (Tabla 2). El estadístico R-Cuadrado indica que el modelo ajustado explica el 9,6 % de la variabilidad, y el coeficiente de correlación es igual a 0,31, lo que indica una relación débil entre las variables precipitación registrada y estimada.

Tabla 2. Comparación entre la precipitación registrada y la estimada en 6 horas (de 15 a 21 horas oficiales) por el radar de Valencia el día 29 de octubre de 2024

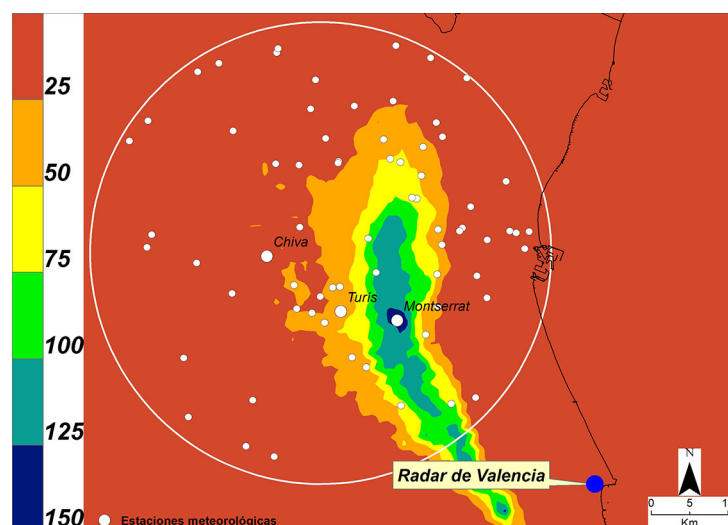
Estación	Precipitación registrada	Precipitación estimada (radar)
Turís	615,2 l/m ²	42,0 l/m ²
Chiva	421,0 l/m ²	15,7 l/m ²
Montserrat	289,2 l/m ²	134,5 l/m ²

Fuente: datos de AEMET (Agencia Española de Meteorología). Elaboración propia

El problema estriba en que, cuando hay gran intensidad de precipitación, como la que se produjo el día 29 de octubre, se origina una importante atenuación de la señal en el proceso de cálculo de las reflectividades del radar. Esto no implica que el radar tuviese un funcionamiento anómalo, sino que la hipótesis de trabajo, que parte de la suposición de que los blancos meteorológicos absorben una fracción muy pequeña de la energía electromagnética del radar, no se puede dar por válida cuando hay intensidades de precipitación tan extremas como las que se produjeron este día.

Esta limitación en el uso de los datos radar se aprecia en la imagen de precipitación acumulada en seis horas estimada por el radar de Valencia (entre las 15 y las 21 hora oficial) (Figura 9). En la imagen se han superpuesto los observatorios con datos horarios que se han empleado en este artículo (puntos blancos) y se han resaltado los observatorios de Montserrat (Casadalt), Turís (Masía de Calabarra) y Chiva. Se observa un máximo de precipitación acumulada estimada en una línea que uniría imaginariamente Algemesí, Alginet, Montserrat y Loriguilla, con una gran atenuación de la señal hacia el oeste. Esta atenuación no es lineal, y es tanto más importante cuanto más nos alejamos de la antena del radar.

Figura 9. Precipitación estimada por el radar de Valencia entre las 15 y 21 horas oficiales del 29 de octubre de 2024



Fuente: datos de AEMET (Agencia Española de Meteorología). Elaboración propia

Como conclusión, del modelo conceptual de atenuación de la señal radar y de los resultados del modelo de regresión ajustado no es viable realizar una interpolación de los datos registrados tomando como deriva externa la estimación de precipitación radar. Sin embargo, con la nueva generación de radares meteorológicos de polarización dual que está instalando la Agencia Estatal de Meteorología, y con las técnicas avanzadas de procesamiento de la señal que ofrece este tipo de radares, sería posible obtener un campo continuo de la precipitación más realista espacial y temporalmente.

2.2.2. Observatorios pluviométricos

Dada la imposibilidad de utilizar las estimaciones pluviométricas del radar, se ha tenido que recurrir exclusivamente a las mediciones de las estaciones meteorológicas (Figura 5). Todas las estaciones utilizadas son automáticas. A pesar de la existencia de estaciones manuales homologadas que, normalmente, sirven para corroborar la precipitación registrada, estas no han podido ser utilizadas por la gran intensidad y volumen de precipitación del evento, ya que la mayoría de los pluviómetros manuales de las zonas más afectadas por las lluvias se desbordaron. Por ello, no se ha podido contrastar la veracidad de los datos de las estaciones automáticas.

2.3. Metodología de cálculo de volúmenes

2.3.1. Selección de los observatorios a usar

En el caso de observatorios para el cálculo del total diario, se han seleccionado todos los que se encuentran a menos de 30 km del centroide (promedio geométrico) de las cuencas estudiadas (Poyo y Possalet-Salet). Son 112 estaciones (Tabla 3).

En cuanto a los observatorios para el cálculo de las precipitaciones horarias se han seleccionado todos los observatorios que se encuentran a menos de 30 km del centroide de las cuencas estudiadas y que tengan los datos horarios del día 29 de octubre completos (70 estaciones) (Tabla 3).

Tabla 3. Observatorios utilizados según fuente

Estaciones	AEMET	AVAMET	IVIA	METPIF	SAIH-CHJ	SISRITEL	Total
Datos diarios	5	65	4	2	18	18	112
Datos horarios	5	36	4	2	17	6	70

Elaboración propia

La red de SISRI TEL ha sido importante para confirmar los valores en el sector con máximas precipitaciones, mientras que la red de observatorios forestales ha sido clave en la estimación de la precipitación de la cabecera del barranco Grande, ante la escasez de otros observatorios.

En el proceso de selección de observatorios se han descartado los redundantes (observatorios muy cercanos entre sí), manteniendo los más coherentes. También se han descartado los que, en las sucesivas fases de aproximación cartográfica, mostraban valores claramente anómalos. En estos casos se ha intentado averiguar la causa de las anomalías (por ejemplo, anotaciones cincominutales en la hora siguiente a la que cayó realmente la precipitación, por fallos en las comunicaciones).

Los datos utilizados son siempre los valores brutos registrados, excepto en los observatorios de la red SISRI TEL, en los que se ha utilizado la verificación realizada por Beguerías et al. (2024), ya que los registros estaban sobrevalorados en porcentajes entre 5,5 % y 18,5 %.

2.3.2. Método de interpolación geoestadístico y validación

Las estimaciones cuantitativas de precipitación (QPE) procedentes de radares meteorológicos pueden ser una fuente de registros de precipitación de gran valor (Canovas García et al., 2018). Sin embargo, como se ha señalado, el tipo de radar disponible (de banda C) y la orientación del sistema convectivo respecto a este, impidieron su utilización. Por ello, para realizar la interpolación geoestadística de los valores de precipitación no se ha podido utilizar sistemas combinados, como el GRISO (generador aleatorio de interpolación espacial para observaciones inciertas), que da resultados similares o ligeramente superiores al kriging (Bruno et al., 2021).

Otros sistemas utilizados a menudo son los métodos deterministas de interpolación, como por ejemplo la ponderación inversa a la distancia (Cassola et al., 2023). No obstante, el kriging ordinario es ampliamente reconocido en la interpolación de los datos de precipitación, por minimizar la varianza del error de predicción,

al considerar la estructura de correlación espacial a través del semivariograma. Esto lo hace superior a métodos determinísticos o a la regresión simple en entornos complejos (Romero Fresneda et al., 2020; Katipoğlu, 2022). Ha sido utilizado, por ejemplo, en episodios recientes de lluvias intensas en el sureste español (Espín Sánchez et al., 2017), en este caso con semivariograma esférico.

Para elegir el modelo del semivariograma se han probado los modelos no lineales que ofrece el kriging ordinario en el conjunto de datos diarios y se ha sometido los resultados de la interpolación a una validación cruzada (Tabla 4) (valor medio, media cuadrática, media estandarizada, raíz cuadrada media estandarizada y error estándar promedio). Finalmente, se ha optado por el modelo tetrasférico, un semivariograma con transición suave en distancias cortas (Chiles & Delfiner, 2012), ya que ha mostrado flexibilidad para adaptarse a cambios abruptos en la correlación espacial. Estos cambios son característicos de eventos extremos, donde la precipitación puede variar significativamente en distancias cortas, como los sistemas convectivos intensos.

Tabla 4. Métricas de validación cruzada para los distintos modelos geoestadísticos testados

Modelo de semivariograma	Nugget	VM	MC	ME	RCME	EEP
Esférico	613,75	0,653	56,882	0,000	0,713	86,288
Exponencial	0,00	1,525	58,081	0,006	0,631	102,647
Circular	4.066,40	1,477	55,177	0,008	0,529	106,066
Tetrasférico	0,00	0,550	57,901	-0,002	0,785	83,561
Gaussiano	1.851,26	-1,594	56,333	-0,033	1,068	54,788

VM: valor medio, MC: media cuadrática, ME: media estandarizada, RCME: raíz cuadrada media estandarizada, y EEP: error estándar promedio.

Elaboración propia

El grid utilizado tiene un tamaño de celda de 200m. En general, se recomienda una resolución de entre 200-500 celdas en la dimensión menor para equilibrar la precisión y la eficiencia (Webster & Oliver, 2007). En nuestro caso, 52 km (la dimensión menor de la superficie interpolada) supone 260 celdas con un tamaño de 200x200 m, lo cual cumple el estándar y evita pérdidas de estructura espacial o sobrecarga computacional.

2.3.3. Extracción de volumen precipitado por subcuencas

En primer lugar, se han extraído las subcuencas y la red hidrográfica (topográfica). En esta fase se generan los cursos de agua definiendo umbrales de acumulación para la red hídrica y se delimitan las subcuencas de los puntos seleccionados por el usuario. La extracción de la red hidrográfica topográfica y las subcuencas se ha llevado a cabo a partir de un Modelo Digital del Terreno de 5x5 metros de resolución mediante las herramientas del paquete *Hydrology* del software ArcGIS Pro 3.4.1.

Para el cálculo del volumen precipitado en subcuencas y en las asociaciones de subcuencas, se emplean los grids de precipitaciones generados en la fase de interpolación. Mediante la herramienta *Zonal Statistics as table* (herramienta que calcula estadísticas para zonas definidas sobre un ráster) se obtiene la suma y el promedio de las precipitaciones por subcuenca. Luego se agregan los resultados en asociaciones, sumando los aportes individuales de las subcuencas.

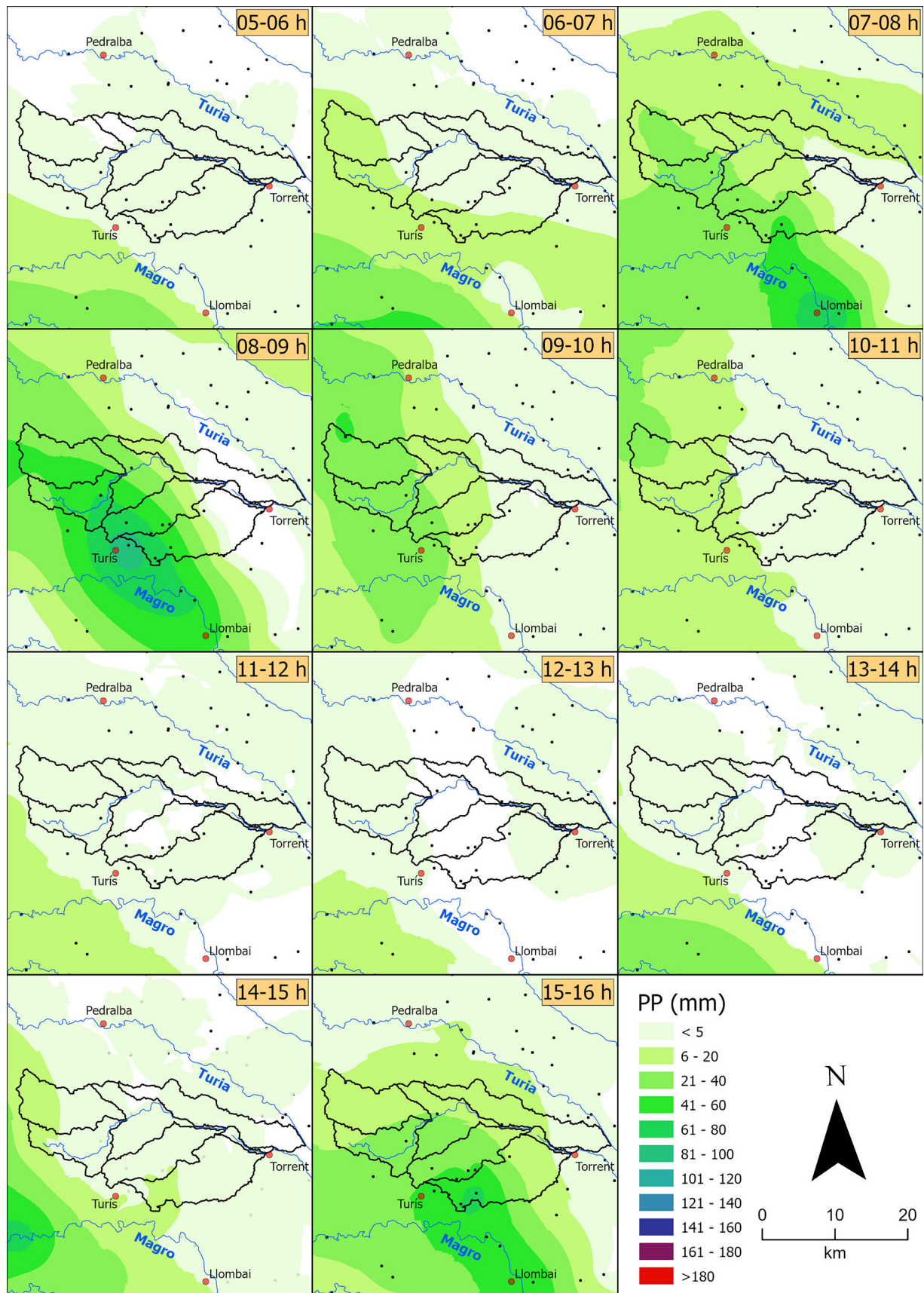
3. Resultados

Los resultados de este trabajo se centran en los volúmenes de precipitación horaria caída en subcuencas del área de estudio. Para ello, según se explica en la metodología, se han utilizado todos los observatorios con registro horario o minutal aprovechables de los que se tenía conocimiento de las redes de AVAMET, AEMET, SISRITEL, CHJ, IVIA y de observatorios forestales (MetPif GVA), tras un proceso de validación de datos. Con ellos se ha cartografiado la precipitación acumulada durante cada hora, y a partir de esta distribución espacial de la lluvia, se han calculado los volúmenes.

3.1. Evolución espacial horaria de la precipitación

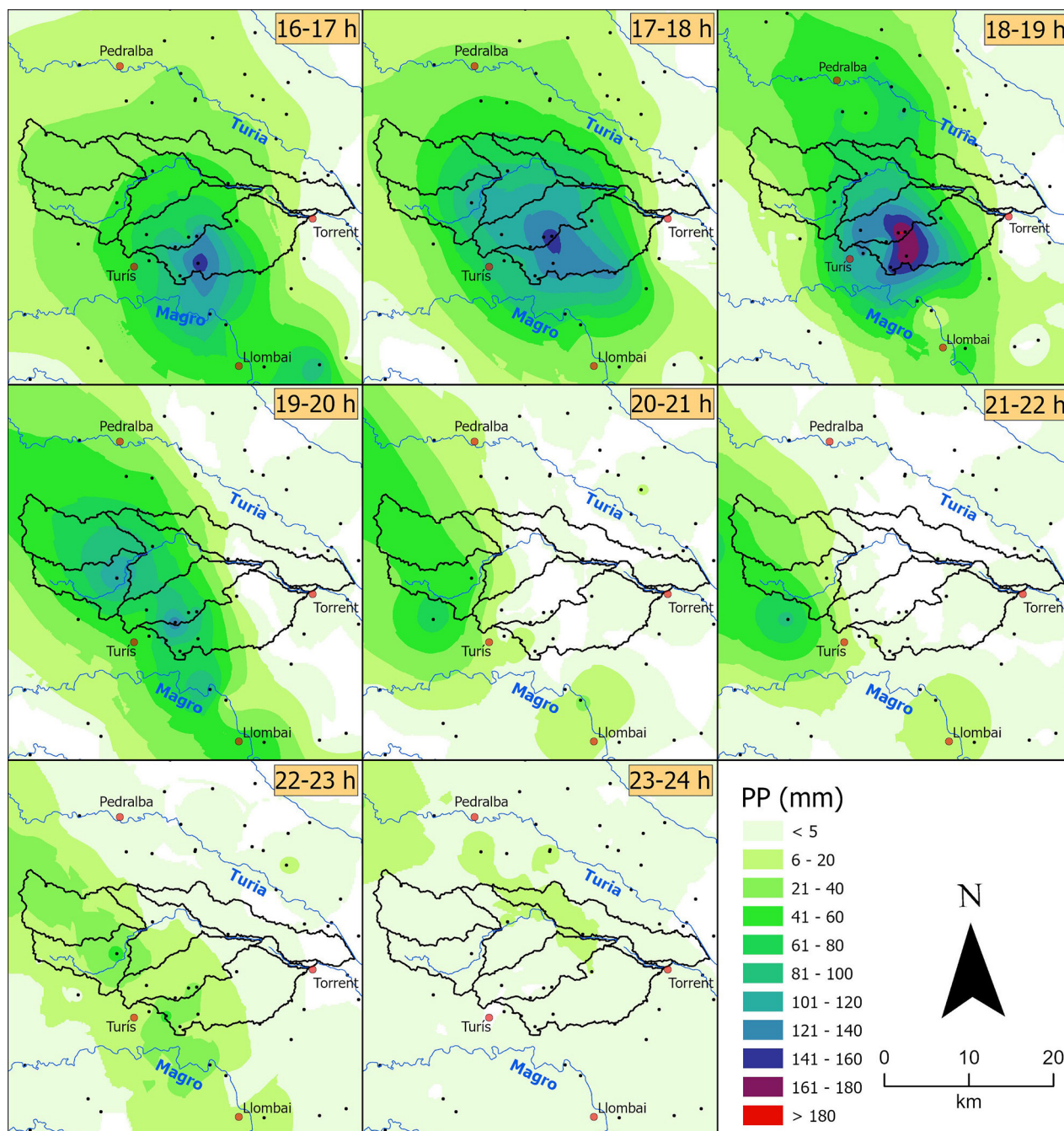
Este es un análisis clave en la reconstrucción de los procesos hidrológicos e hidrogeomorfológicos desencadenados. En esencia, se trata de analizar los *inputs* pluviométricos al sistema hidrológico de un modo suficientemente desagregado como para poder formular hipótesis de comportamiento y, por tanto, un diagnóstico lo más certero posible de lo que ocurrió, de cuándo ocurrió y de cómo ocurrió (Figuras 10 y 11).

Figura 10. Evolución de las precipitaciones horarias en la cuenca de Poyo y alrededores durante el día 29 de octubre de 2024 (de 05 h a 16 h)



Fuente: datos de precipitación de observatorios de AEMET, AVAMET, SAIH-CHJ, IVIA, MetPif GVA y SISRITEL. Elaboración propia

Figura 11. Evolución de las precipitaciones horarias en la cuenca de Poyo y alrededores durante el día 29 de octubre de 2024 (de 17 h a 24 h)



Fuente: datos de precipitación de observatorios de AEMET, AVAMET, SAIH-CHJ, IVIA, MetPif GVA y SISRITEL. Elaboración propia

Como se ha señalado, el episodio de lluvias se ciñó estrictamente al 29 de octubre. Aunque empezó a llover a primeras horas de la noche, no se han representado estas lluvias horarias al considerar que no son significativas. A las 05-06 horas apenas estaba lloviendo en el área de estudio, aunque sí lo hacía en la cuenca baja del río Magro. A las 07-08 horas ya se alcanzan intensidades horarias cercanas a 50 mm en las cabeceras de las cuatro subcuencas básicas (Grande, Chiva, Horteta y Gallego). Esta fase de lluvias se centra en Turis, tiene su máxima intensidad a las 08-09 horas, y declina a la hora siguiente. Entre las 10 y las 15 horas disminuyen mucho las precipitaciones horarias e incluso deja de llover en amplios sectores de la cuenca de Poyo, sobre todo entre las 13 y 14 horas.

La segunda fase de lluvias horarias empieza a las 15 horas. A esta hora ya se superan intensidades de 60 mm en observatorios de la cabecera del barranco de l'Horteta y de 120 mm en la hora siguiente. Esta fase de lluvias alcanza la máxima intensidad entre las 18 y 19 horas, y se sigue focalizando en la cabecera de este

barranco. De 17 a 19 horas las intensidades llegan a superar más de 100 mm/h en todas las subcuencas de Poyo, excepto en la cuenca del barranco Grande, y apenas se desplazan espacialmente.

A partir de las 19 horas se observa una paulatina disminución de las intensidades, hasta las 23 horas, y a la vez un desplazamiento hacia las dos cabeceras más interiores de la rambla de Poyo, las cuencas de los barrancos de Chiva y Grande. Aun así, se mantienen intensidades cercanas o superiores a 50 mm/h en algún observatorio hasta las 22-23 horas, en especial en la cuenca del barranco de Chiva. Mientras tanto, en sectores cada vez más amplios de la parte central y baja del área, a partir de las 19 horas deja de llover. Esta subfase de lluvias marcará un comportamiento diferenciado entre los aportes pluviométricos de la parte alta y de la parte media y baja de la cuenca.

3.2. Los volúmenes de precipitación

Los resultados de los volúmenes de precipitación se muestran en las tablas 5 y 6, así como en las figuras 12 y 13. Se han calculado totales horarios de precipitación caídos en la hora previa a la que se indica. Así, por ejemplo, la indicación PH06 hace referencia a la lluvia caída entre las 05:01 y las 06:00 (horas oficiales).

El cálculo básico es el agua caída en las subcuencas definidas y en los interfluvios. Se centra la atención, en especial, en las cuatro grandes cuencas afluentes que conforman la rambla de Poyo (Grande, Chiva, Gallego y Horteta), y en el espacio interfluvio que va desde la confluencia de Grande y Chiva en Cheste hasta la confluencia con el barranco de Gallego, así como en el conjunto Possalet-Saleta. Estos seis espacios tienen una extensión considerable, que va desde unos 52 km² en el caso del barranco de Chiva hasta 95,5 km² en la de Horteta. Todos ellos pueden generar unos volúmenes horarios de precipitación superiores a dos hm³.

En total, la suma de los aportes de estas seis subcuencas, las cinco de Poyo más la de Possalet-Saleta, suponen un 99,6% de los aportes totales de precipitación del agua que llegó a los abanicos aluviales de l'Horta Sud a través de los cauces de Saleta, Poyo y Horteta. Otros espacios interfluviales considerados (los tres señalados en gris en la tabla 5) tienen una extensión mucho menor. Aportan únicamente el 0,4% restante y solo se han utilizado para el cálculo de los resultados globales, y en particular para evaluar los volúmenes caídos aguas arriba del aforo.

En la tabla 5 y figura 12 se han destacado los aportes horarios por subcuencas superiores a 2 hm³ en el tramo entre las 06 y las 24 horas. Los valores están referidos al total de la subcuenca y son los acumulados en la hora previa. En la fase de lluvias de la mañana los valores superiores a un hm³ se alcanzan ya en todas las subcuencas de la parte baja (Gallego y Horteta), así como en la parte alta y media (Chiva, Grande y Poyo-medio). Pero es a partir de las 9 horas cuando se superan valores de 2 hm³, sobre todo en las subcuencas de cabecera (Grande y Chiva). La fase de lluvias con aportes superiores a un hm³ es de tres horas (de 8 a 10 horas), con máximos a las 9 horas. En conjunto, en estas tres horas, en toda la cuenca de Poyo se registran unos 24 hm³, y son ligeramente superiores las aportaciones en la parte superior de la cuenca, que aguas abajo.

Tras este episodio de lluvias, que decae mucho ya a las 11 horas, sigue una fase casi sin precipitaciones en ninguna parte de la cuenca (de 12 a 15 horas), pero rápidamente se inicia una segunda tanda de precipitaciones, sobre todo en la parte media y baja de la cuenca. Así, a las 16 horas, la subcuenca de Horteta ya registra un aporte pluviométrico de 2,78 hm³, seguida de la subcuenca de Gallego (1,96 hm³). En esta hora (PH16), la cantidad de lluvia caída aguas arriba del aforo es todavía inferior a la caída durante el momento álgido de la mañana (PH9) (3,5 hm³ frente a 7,4 hm³). Mientras tanto, los aportes pluviométricos de Horteta y Gallego (y de toda la cuenca aguas abajo del aforo) son ya ligeramente superiores (4,79 frente a 4,68). En Horteta, durante PH16, caen ya 2,78 hm³.

Pero es a partir de las 17 horas, hasta las 20 horas, cuando se producen los máximos aportes pluviométricos. En estas tres horas la subcuenca de Horteta recibe 20,7 hm³. La siguiente subcuenca en importancia es la de Gallego, con 18,3 hm³, seguida de la de Poyo medio, con 14,4 hm³. Casi toda la escorrentía de esta última subcuenca es registrada en el aforo, y genera un caudal, hasta el momento de la rotura, de 2.283 m³/s. El agua caída en las dos subcuencas de cabecera (Grande y Chiva) se incorporaría más tarde. Los aportes pluviométricos de cada una de ellas solo superan 2 hm³ a partir de las 17 horas (PH18), y empiezan a ser superiores a las de las tres subcuencas de la parte media y baja, únicamente, a partir de las 19 horas (PH20). Durante esta hora (PH20) el aporte de la subcuenca del Poyo medio es de 4,0 hm³, también superior al *input* pluviométrico de las subcuencas de Horteta y Gallego.

Tabla 5. Volúmenes totales horarios por subcuencas (hm³)

Subcuenca	km ²	PH06	PH07	PH08	PH09	PH10	PH11	PH12	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24	24horas
Grande	72,5	0,0	0,4	1,4	2,9	2,1	1,2	0,1	0,1	0,1	0,4	1,0	1,9	3,5	2,8	5,0	3,1	2,0	1,6	0,1	31,0
Chiva	52,0	0,1	0,4	1,2	2,6	1,4	0,6	0,1	0,1	0,1	0,2	1,3	1,8	3,5	2,4	4,0	2,4	1,8	1,2	0,0	24,9
Poyo medio (hasta aforo)	58,6	0,0	0,1	0,9	1,8	0,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	1,2	2,8	5,3	5,1	4,0	0,4	0,1	0,6	0,2	25,0
Poyo_antes_Gallego	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Gallego	64,5	0,1	0,2	1,1	2,6	0,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	2,0	4,5	7,1	7,5	3,7	0,2	0,1	0,8	0,1	31,0
Poyo_antes_Horteta	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Horteta	95,6	0,1	0,4	1,6	2,1	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	2,8	6,6	9,0	8,6	3,1	0,1	0,0	0,8	0,2	36,4
Poyo_Apical	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Possalet-Saleta	74,6	0,0	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,7	3,2	2,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,2	10,3

PH: Total de precipitación durante la hora previa a la especificada.

Elaboración propia

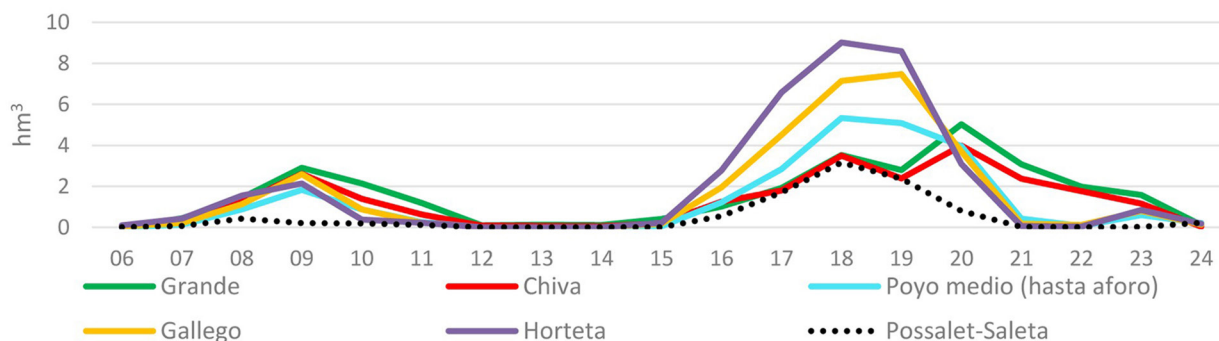
Tabla 6. Volúmenes totales horarios por conjuntos de subcuencas de la rambla de Poyo (hm³)

Subcuenca	km ²	PH06	PH07	PH08	PH09	PH10	PH11	PH12	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24	24horas
Poyo hasta Aforo	183,0	0,1	0,9	3,5	7,4	4,4	2,1	0,2	0,2	0,2	0,7	3,5	6,6	12,4	10,3	13,0	5,9	3,8	3,4	0,4	80,8
Poyo hasta Gallego	184,6	0,1	0,9	3,6	7,4	4,4	2,1	0,2	0,2	0,2	0,7	3,5	6,6	12,5	10,3	13,0	5,9	3,8	3,4	0,4	81,1
Poyo hasta Horteta	254,4	0,2	1,1	4,7	10,0	5,3	2,3	0,2	0,2	0,2	0,9	5,5	11,2	19,8	17,9	16,7	6,1	4,0	4,2	0,5	112,5
Poyo en Torrent	351,5	0,3	1,6	6,2	12,1	5,7	2,5	0,2	0,2	0,2	1,1	8,3	17,8	28,8	26,5	19,8	6,1	4,0	5,0	0,7	148,9
Poyo post Aforo	168,5	0,2	0,7	2,7	4,7	1,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,4	4,8	11,2	16,5	16,3	6,8	0,2	0,2	1,6	0,3	68,1

PH: Total de precipitación durante la hora previa a la especificada.

Elaboración propia

Figura 12. Evolución horaria del volumen de aportaciones pluviométricas el 29 de octubre de 2024 en subcuencas de la rambla de Poyo y el conjunto Possalet-Salet



Elaboración propia

Horteta es la subcuenca con más aportaciones de agua precipitada en una hora (9,0 hm³ durante la PH18, de cinco a seis de la tarde), y solo empieza a declinar durante la PH20. A esta hora es superada ya por las tres subcuencas de Poyo antes del aforo, e incluso por la de Gallego. La subcuenca de Horteta, por tanto, es la que empieza antes a recibir las grandes aportaciones pluviométricas de la tarde, la que registra un mayor volumen de precipitación horaria y la que empieza antes a declinar, pues deja de recibir precipitaciones a partir de la PH21. Durante esa hora y la siguiente, solo las dos subcuencas de cabecera registran lluvias superiores a 2 hm³.

Por su parte, el conjunto de Possalet-Salet sigue un comportamiento semejante al de la parte baja de la cuenca, con aportaciones máximas durante la PH18 (3,2 hm³), que cesan a partir de la PH20. Los volúmenes de agua precipitada no parecen corresponderse con la riada registrada en Aldaia, pero su escorrentía pudo verse incrementada por la derivación hacia el N de parte de la inundación del Pla de Quart: la relación entre los aportes pluviométricos y el comportamiento de su riada no parecen estar tan vinculados como en el caso de Poyo.

4. Discusión de resultados

Las diferencias sutiles en las cantidades y ritmos temporales de lluvia condicionan, sin duda, el comportamiento de las riadas. En el caso de los aportes pluviométricos de los cinco espacios considerados en la cuenca de Poyo se registra un comportamiento similar en todos ellos, pero con matices horarios capaces que condicionar la riada en el punto apical del abanico aluvial de la rambla, en Torrent. En conjunto (i) la aportación pluviométrica de la parte de cuenca aguas abajo del aforo fue similar a la de la cuenca aforada, en el total de las lluvias del 29 de octubre de 2024 (Figura 13), (ii) las lluvias de la parte alta fueron superiores en la primera fase de riada, pero inferiores en la fase crítica y (iii) hubo un pequeño desfase horario entre la aportación pluviométrica de aguas arriba y abajo del aforo, siendo más tempranos (como mínimo una hora) los *inputs* de la parte media y baja, es decir, la lluvia caída en la parte no aforada de la cuenca. En conjunto, las aportaciones pluviométricas de la fase crítica fueron desplazándose de SE a NW.

En la fase crítica de la riada, la catastrófica de la tarde del 29 de octubre, los aportes de precipitación de 16 a 19 horas son mayores en la parte de cuenca aguas abajo del aforo que en la parte de cuenca aforada. La precipitación comenzó a registrar fortísimos volúmenes en las cuencas de Horteta y Gallego al menos una hora antes de hacerlo en las cabeceras de Poyo. Solo la parte baja de la cuenca aforada, la que se extiende tras la confluencia de los barrancos Grande y Chiva en Cheste (subcuenca de Poyo-medio), tuvo un comportamiento pluviométrico similar al de la parte no aforada, pero sus *inputs* no llegan a alcanzar ni un tercio del total.

Los aportes pluviométricos horarios de la parte aforada tienen dos picos temporales, a las PH18 y a las PH20. A partir de esta última hora, las lluvias en las cuencas de los barrancos Grande y Chiva ya fueron claramente mayores que los del resto de la cuenca. En la figura 14 se muestra que esta parte aforada de la cuenca tuvo tres fases de precipitación diferenciadas: (i) el pico de la PH9, que produjo una riada en el aforo de 252 m³/s de caudal máximo (a las 12:00 horas); (ii) el pico de la PH18, que generó una riada de 2.283 m³/s hasta que se rompió el aforo a las 18:55 (probablemente por la lluvia caída en la subcuenca de Poyo-medio y las partes bajas de las subcuencas de los barrancos Grande y Chiva); (iii) un pico de aportación pluviométrica durante la PH20, de más de 12 hm³, generado sobre todo por las lluvias en las cuencas de estos dos últimos barrancos.

Figura 13. Evolución horaria comparada del volumen de aportaciones pluviométricas del 29 de octubre de 2024 aguas arriba y abajo del aforo

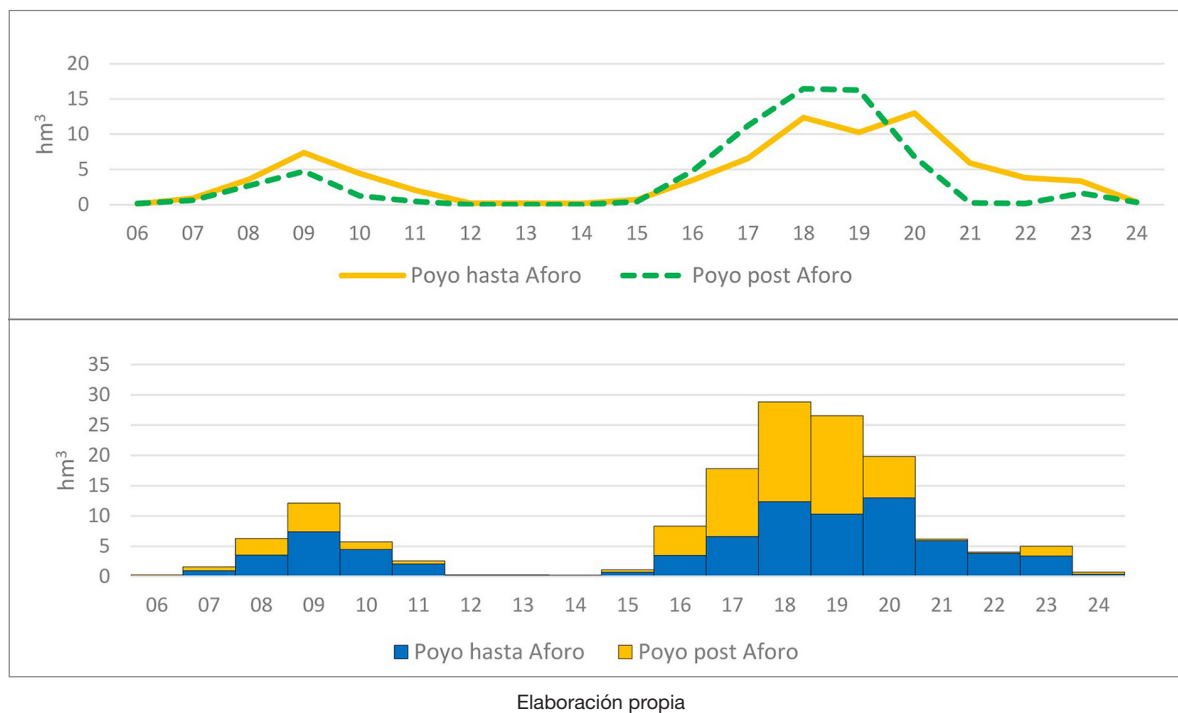
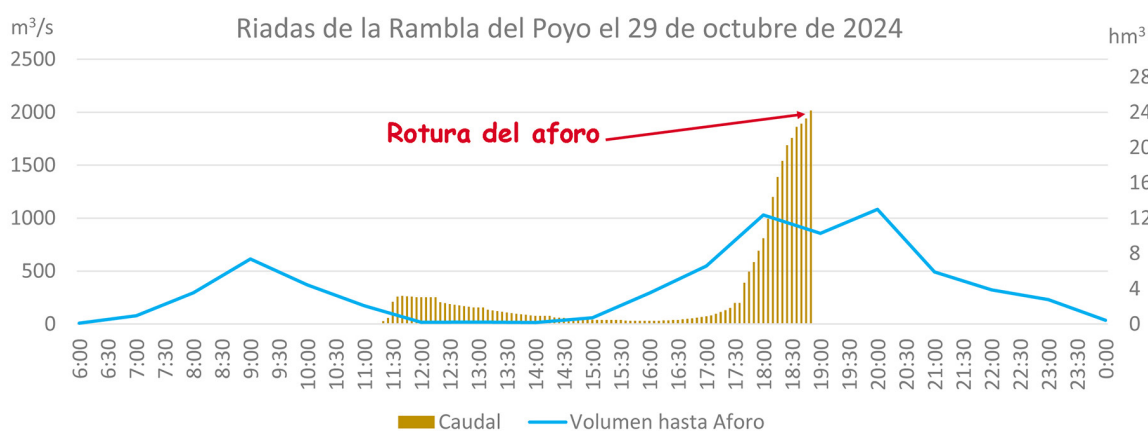


Figura 14. Riadas de la rambla de Poyo el 29 de octubre de 2024 registradas en el aforo y aportaciones pluviométricas aguas arriba



Fuente: datos de la SAIH-CHJ y de la red de observatorios utilizados para el cálculo de volúmenes. Elaboración propia

La relación temporal entre las precipitaciones caídas y los caudales medidos en la parte alta de la cuenca muestran un desfase de unas tres horas entre el pico de aportaciones de PH9 y el pico de la riada en el aforo. La respuesta hidrológica de la cuenca tuvo que superar el estado seco de los suelos y las características calcáreas, muy permeables, de la cabecera. La respuesta hidrológica de la tarde, sin embargo, fue más rápida, de una hora y media entre el pico de aportaciones de PH18 (de 17 a 18 horas) y un caudal que ya había roto el aforo a las 19 horas. Probablemente, las lluvias de la mañana saturaron el suelo y los cauces pedregosos, y permitieron que hubiese una escorrentía más abundante en la riada de la tarde, con menores tasas de infiltración y una mayor conectividad. Pero se trata simplemente de una hipótesis, que parte de la relación entre la temporalidad y espacialidad de las precipitaciones y los datos de caudal del único aforo existente.

5. Conclusiones

Este trabajo muestra la importancia de las redes no oficiales, o de otros organismos, en la cartografía de la precipitación a escala temporal inferior a la diaria, debido a la necesidad de apoyarse en redes de observatorios

no manuales. En este caso, la densidad en la zona de observatorios automáticos de AVAMET, según nuestro criterio, ha sido la clave principal de la solidez de los resultados. También se tuvo la oportunidad de disponer de observatorios de la red privada de SISRITEL, muy densa en la zona de máximos volúmenes de precipitación del episodio. El valor de estos observatorios, como apoyo de las redes oficiales (AEMET y SAIH-CHJ) está tanto en aumentar el número de puntos de registro como en servir de contraste para observatorios cercanos. Por el contrario, no ha sido posible integrar el campo de precipitación estimada por el radar de Valencia para mejorar la distribución de la misma, debido a la fuerte atenuación de la señal que se produjo.

La distribución espacial de las lluvias diarias muestra un episodio que no supera, pero se acerca, a los máximos registros citados en tierras valencianas y en la cuenca del Mediterráneo occidental, con valores cercanos a 1.000 mm/día en varios casos.

La alta densidad disponible de observatorios automáticos, a pesar del reconocido problema inherente de infraestimación de la lluvia, ha permitido generar una detallada cartografía de precipitación horaria. Esta es quizá la principal aportación novedosa del trabajo. Pensamos que la metodología utilizada puede extenderse a estudios de precipitaciones intensas de situaciones futuras, siempre que se disponga de una red suficientemente densa de observatorios que permita generar grids con una resolución adecuada.

Los resultados obtenidos con esta metodología han permitido, en el caso analizado, la elaboración de hipótesis explicativas del episodio. El ritmo temporal y espacial de las aportaciones pluviométricas es clave para entender y elaborar hipótesis de cómo funcionó la riada catastrófica de la tarde del 29 de octubre en l'Horta Sud. En este trabajo no se analiza el comportamiento y magnitud de esta riada, que solo puede realizarse con un trabajo de modelización hidrológica. Para la elaboración de estas hipótesis, en especial para descartar el papel de la lluvia caída en cabecera en el inicio de la catástrofe, únicamente se relacionan los *inputs* pluviométricos con la respuesta del sistema. Los datos de esta respuesta muestran una conclusión obvia: la escorrentía que entre las 18:55 y 19:00 rompió el aforo no pudo ser la misma que la que, a partir de las 18 horas, empezó a producir destrozos en el abanico aluvial de la rambla.

La hipótesis más probable es que la escorrentía que llegó primero a l'Horta Sud fue la generada en la subcuenca del barranco de l'Horteta (a pesar de la pérdida de 2,2 hm³ en la cantera de Calicanto), con la aportación de Gallego y de la parte baja de la cuenca de Poyo. La llegada de la escorrentía de Poyo tuvo una dificultad añadida, pues parte de ella derivó hacia el NE y saltó a la cabecera del barranco de la Saleta, quizá ayudada por un efecto de barrera hidráulica provocado por la avenida de Gallego.

En todo caso, solo caben dos soluciones, a) o se juntaron los picos de Horteta, Gallego y parte baja de Poyo (la que rompió el aforo con 2.283 m³/s), y entonces la riada pudo triplicar o más esta cantidad, o b) llegaron primero las aguas de Horteta y seguidamente lo hicieron las de Gallego y Poyo, con una cierta laminación del pico de crecida. Lo que seguro no ocurrió en la riada catastrófica de la tarde del 29 de octubre de 2024 en el abanico aluvial de la rambla en l'Horta Sud es que la responsabilidad principal fuera de las cabeceras de Poyo, que tuvieron unos aportes más tardíos y más alejados del punto apical de este abanico.

Contribución de autoría

- Alejandro J. Pérez Cueva: Conceptualización, Metodología, Supervisión, Redacción del borrador original, Revisión y edición.
- Rafael Armengot Serrano: Conceptualización, Metodología, Revisión crítica.
- Ghaleb Fansa Saleh: Curación de datos, Análisis formal, Metodología, Validación, Visualización, Revisión crítica.
- Jose Angel Núñez Mora: Curación de datos, Análisis formal, Metodología, Recursos, Redacción del borrador original, Validación, Revisión crítica.
- Adrià Revert Ferrero: Curación de datos, Recursos, Revisión crítica.

Agradecimientos

A los voluntarios de AVAMET, a los observadores de la red secundaria de AEMET, a César Azorín (CSIC) por facilitar su base de datos de precipitación, a Micro2engineering s.l. por el desarrollo del sistema SISRITEL.

Referencias

- Alvarez-de-Buergo, E., & Meléndez-Hevia, F. (1994). Características generales de las subcuencas del margen peninsular mediterráneo ("Rift" del Surco de Valencia). *Acta Geológica Hispánica*, 67-79.
- Armengot, R. & Pérez-Cueva, A. J. (1996). La importancia hídrica de los volúmenes de precipitación intensa en el territorio valenciano. In M.V. Marzol, P. Dorta & P. Valladares (Eds.), *Clima y agua: la gestión de un recurso climático* (pp. 225-234).
- Armengot, R., Abellán, J.J., & Pérez-Cueva, A. J. (2001). Evaluación de un modelo de regresión logística de lluvias intensas en territorio valenciano. In *II Congreso de la AEC, El tiempo del clima* (pp. 291-302).
- Ayala, C., Torne, M., & Roca, R. (2015). A review of the current knowledge of the crustal and lithospheric structure of the Valencia Trough Basin. *Boletín Geológico y Minero*, (126), 533-552.
- Becat, J. & Soutadé, G. (Eds.) (1993). L'aiguat del 40. Inundacions catastròfiques i polítiques de prevenció a la Mediterrània nord-occidental. In *Actes del congrés Les inundacions d'octubre de 1940 a Catalunya: 50 anys després*, Vernet (Conflent, Catalunya Nord). Servei Geològic de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.
- Beguiría, S., Azorín, C., & Vicente, S.M. (2024). Ground records and spatial fields of the 2024/10/29 extreme precipitation event in Valencia, Spain [Dataset]. DIGITAL.CSIC. <https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/16716>
- Boix, M., Rel, A. & de Jódar, D. (1982). La sequía de 1978-1981 en tierras valencianas. *Cuadernos de Geografía*, (30), 25-40.
- Bosch, M. (1866). *Memoria sobre la inundación del Júcar presentada al Ministerio de Fomento*. Imprenta Nacional.
- Bruno, G., Pignone, F., Silvestro, F., Gabellani, S., Schiavi, F., Rebora, N., Giordano, P., & Falzacappa, M. (2021). Performing Hydrological Monitoring at a National Scale by Exploiting Rain-Gauge and Radar Networks: The Italian Case. *Atmosphere*, (12), 771. <https://doi.org/10.3390/atmos12060771>
- Camarasa-Belmonte, A. (1995). *Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semiáridas: Barranc del Carraixet y Rambla de Poyo*. Confederación Hidrográfica del Júcar.
- Cánovas García, F., García Galiano, S. G., & Alonso Sarría, F. (2018). Validación de las estimaciones de precipitación horaria de un radar meteorológico banda S para el seguimiento en tiempo real de extremos meteorológicos. In J. P. Montávez Gómez, Gómez Navarro, J. J., López Romero, J. M., Palacios Peña, L., Turco, M., Jerez Rodríguez, S., Lorente, R., Jiménez Guerrero, P. (Eds.), *El clima: aire, agua, tierra y fuego* (pp. 305-314). Asociación Española de Climatología; Agencia Estatal de Meteorología. <http://hdl.handle.net/10317/10350>
- Cassola, F., Iengo, A., & Turato, B. (2023). Extreme convective precipitation in Liguria (Italy): a brief description and analysis of the event occurred on October 4, 2021. *Bulletin of Atmospheric Science and Technology*, (4), 4. <https://doi.org/10.1007/s42865-023-00058-3>
- Chiles, J. P. & Delfiner, P. (2012). *Geostatistics: modeling spatial uncertainty*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118136188>
- Collier, C. G. (2002). Developments in radar and remote sensing methods for measuring and forecasting rainfall. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 360(1796), 1345-1361. <https://doi.org/10.1098/rsta.2002.1004>
- Doglioni, C., Gueguen, E., Sàbat, F., & Fernández, M. (1997). The western Mediterranean extensional basins and the Alpine orogen. *Terra Nova*, 9(3), 109-112. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3121.1997.d01-18.x>
- Espín Sánchez, D., García Lorenzo, R., Ruiz Álvarez, V., & Conesa García, C. (2017). Las lluvias torrenciales e inundaciones de los días 17 y 18 de diciembre de 2016 en la Región de Murcia con particular incidencia en el área vertiente del Mar Menor. *Ingeniería del Agua*, 21(4), 213-229. <https://doi.org/10.4995/ia.2017.7773>
- García-Vélez, A., Soubrier, J., Muelas, A., Goy, J. L., Zazo C., & García-Ruz, L. (1980). *Mapa Geológico de España 1:50:000, hoja nº 721 (Cheste)*. IGME.
- Guigo, M. (1973). Pluie et crue des 7 et 8 octobre 1970 dans la région gènoise. *Méditerranée*, 12(1), 55-80. <https://doi.org/10.3406/medit.1973.1467>

- Katipoğlu, O. M. (2022). Spatial analysis of seasonal precipitation using various interpolation methods in the Euphrates basin, Turkey. *Acta geophys*, (70), 859-878. <https://doi.org/10.1007/s11600-022-00756-0>
- Llasat, M.C. (1987). *Episodios de lluvias copiosas en Cataluña: génesis, evolución y factores coadyuvantes*. [Doctoral thesis, Universitat de Barcelona]. Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona. <https://hdl.handle.net/2445/35270>
- Martín-Vide, J., Moreno-García, M. C., & López-Bustins, J. A. (2021). Synoptic causes of torrential rainfall in South-eastern Spain (1941–2017). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 47(1), 143-162. <https://doi.org/10.18172/cig.4696>
- Mateu Bellés, J. F. (1983). La ciència i la tècnica davant les revingudes del Xúquer (1635-1905): Notes preliminars. *Cuadernos de geografía*, (32), 243-264.
- Morell Cuevas, J. & Pérez-Cueva, A. J. (2000). Volúmenes hídricos de las precipitaciones intensas en la Confederación Hidrográfica del Júcar. *Cuadernos de Geografía*, (67-68), 261-275.
- Morell Cuevas, J. (2001). El factor de la precipitación en la formación de avenidas en la cuenca alta del Turia. *Geographicalia*, (40), 47-74. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2001401369
- Muelas, A., Soubrier, J., Goy, J. L., & Zazo, C. (1982). *Mapa Geológico de España 1:50:000, hoja nº 695 (Liria)*. IGME.
- Palanca Galindo, J. I. (1999). Análisis de avenidas del alto Palancia. *Cuadernos de Geografía*, (65-66), 369-374.
- Pérez-Cueva, A. J. & Armengot, R. (1983). El temporal de octubre de 1982 en el marco de las lluvias torrenciales en la cuenca baja del Júcar. *Cuadernos de Geografía*, (32-33), 61-86.
- Riesco, J. & Alcover, V. (2003). *Predicción de precipitaciones intensas de origen marítimo mediterráneo en la Comunidad Valenciana y la Región de Murcia*. Ministerio de Medio Ambiente.
- Rivrain, J. C. (1999). Los sistemas convectivos de mesoescala cuasi-estacionarios en forma de V en las áreas mediterráneas francesas. Algunos ambientes favorables para su desarrollo. In *IV Simposio Nacional de Predicción del Instituto Nacional de Meteorología* (pp. 165-171). Instituto Nacional de Meteorología. <http://hdl.handle.net/20.500.11765/4256>
- Romero Fresneda, R., Moreno García, J. V., Martínez Núñez, L., Huarte Ituláin, M. T., Rodríguez Ballesteros, C., & Botey, M. R. (2020). Comportamiento de las precipitaciones en España y periodos de sequía (periodo 1961-2018). Nota técnica 32 de AEMET. Agencia Estatal de Meteorología. <https://dx.doi.org/10.31978/666-20-006-0>
- Tomás Quevedo, A. (1963). Causas meteorológicas de las inundaciones del bajo Vallés, Llano de Llobregat y el Maresme. *Estudios Geográficos*, (91), 137-146.
- Webster, R. & Oliver, M. A. (2007). *Geostatistics for environmental scientists*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470517277>



Percepción del sistema ES-Alert: un análisis exploratorio en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Perception of the ES-Alert System: An Exploratory Analysis at the University of Las Palmas de Gran Canaria

AUTORÍA

Fernando Medina

Morales 

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria,
España.

Grupo de Geografía Física, Medio Ambiente
y Tecnologías de la Información Geográfica
(GEOTIGMA), Instituto de Oceanografía y
Cambio Global (IOGAG).

Pablo Mayer Suárez 

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria,
España.

Grupo de Geografía Física, Medio Ambiente
y Tecnologías de la Información Geográfica
(GEOTIGMA), Instituto de Oceanografía y
Cambio Global (IOGAG).

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.29092>

CITACIÓN

Medina Morales, F. & Mayer Suárez, P. (2025).
Percepción del sistema ES-Alert: un análisis
exploratorio en la Universidad de Las Palmas
de Gran Canaria. *Investigaciones Geográficas*,
(84), 31-41. <https://doi.org/10.14198/INGEO.29092>

CORRESPONDENCIA

Fernando Medina Morales (fernando.medina@ulpgc.es)

HISTORIA

Recibido: 9 enero 2025

Aceptado: 9 abril 2025

Publicado: 23 julio 2025

(Publicación anticipada: 21 mayo 2025)

TÉRMINOS

© 2025 Fernando Medina Morales, Pablo
Mayer Suárez

 Este trabajo se publica bajo una
licencia Creative Commons de Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

El sistema ES-Alert, implementado en las Islas Canarias, representa un avance en la comunicación de emergencias y la reducción del riesgo de desastres. Este estudio tiene como objetivo analizar cómo se ha percibido la implementación de este sistema dentro de la comunidad universitaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, tras el simulacro del 26 de septiembre de 2024 organizado por el Centro Coordinador de Emergencias y Seguridad 112 del Gobierno de Canarias. A través de una encuesta dirigida a estudiantes, profesorado y personal técnico-administrativo y de gestión, se evaluaron aspectos como la claridad del mensaje, la utilidad percibida y la influencia de la percepción del riesgo en la respuesta ante la alerta. Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, por lo que los resultados constituyen una aproximación exploratoria dentro del grupo universitario. Los hallazgos muestran que, entre los universitarios encuestados, el 87% considera útil el sistema, aunque un 31% identificó oportunidades de mejora en la claridad del mensaje y un 42% indicó que su reacción dependería del tipo de emergencia, lo que evidencia la influencia de la percepción del riesgo en la toma de decisiones dentro de este grupo específico. Estos resultados subrayan la relevancia de la percepción del riesgo en la respuesta ante emergencias. Aunque el estudio no mide el impacto real del ES-Alert en la población general, proporciona una primera aproximación sobre cómo los universitarios interpretan y reaccionan ante una alerta, lo que abre la puerta a futuras investigaciones que amplíen el análisis a otros sectores de la sociedad.

Palabras clave: gestión de emergencias; percepción; tecnologías de la información y de la comunicación; alerta temprana; alerta masiva; comunicación del riesgo.

Abstract

The ES-Alert system, implemented in the Canary Islands, represents a significant advancement in emergency communication and disaster risk reduction. This study seeks to analyse how the implementation of this system has been perceived within the university community at the University of Las Palmas de Gran Canaria, following the drill conducted on September 26, 2024 by the Emergency and Security Coordination Center 112 of the Government of the Canary Islands. Through a survey targeting students, faculty, and technical-administrative staff, various

aspects were evaluated, including message clarity, perceived usefulness, and the influence of risk perception on the response to the alert. A non-probabilistic convenience sampling method was used, so the results constitute an exploratory approximation within the university group. The findings show that 87% of the surveyed university members consider the system useful, although 31% identified opportunities for improvement in message clarity, and 42% indicated that their reaction would depend on the type of emergency, highlighting the influence of risk perception on decision-making within this specific group. These results emphasize the relevance of risk perception in emergency response. While the study does not measure the actual impact of the ES-Alert system on the general population, it provides an initial insight into how university members interpret and react to an alert, paving the way for future research to expand the analysis to other sectors of society.

Keywords: Emergency management; perception; information and communication technologies; early warning; public warning; risk communication.

1. Introducción

La gestión y coordinación de emergencias ha experimentado una evolución significativa en las últimas décadas, impulsada principalmente por los avances en las tecnologías de información geográfica (TIG) y el creciente conocimiento territorial. Estos avances han transformado profundamente la operativa de los centros de coordinación y de los sistemas de protección civil, proporcionando herramientas capaces de optimizar la recopilación y el análisis de datos, así como mejorar la comunicación (Organización Panamericana de la Salud, 2023) de información crítica para la toma de decisiones.

Entre estas tecnologías destacan especialmente los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que han mejorado significativamente la capacidad de previsión, monitoreo en tiempo real y gestión eficaz de situaciones de emergencia. Su uso se ha convertido en una herramienta esencial para reducir los impactos negativos derivados de desastres naturales (Schwertner et al., 2018), permitiendo respuestas más oportunas y adecuadas a las distintas amenazas existentes (Alexander, 1991; Dorta Antequera, 2007). En este contexto, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) también juegan un papel clave, proporcionando herramientas efectivas para disminuir la vulnerabilidad de la población mediante dos vías principales: la sensibilización y educación previa a las emergencias, y el apoyo directo en las labores de ayuda y socorro una vez ocurrido el evento (Fosso Djoumessi & Eyike Mbongo, 2022). Asimismo, las TIC han experimentado rápidos avances en los últimos años, integrándose en prácticamente todos los aspectos cotidianos (Facebook, n.d.). Debido a esta amplia propagación, tienen la capacidad de reducir las desigualdades sociales en cuanto al acceso a la información, particularmente en contextos de emergencias y desastres (Japan Meteorological Agency [JMA], n.d.). Este potencial resulta especialmente relevante para las comunidades más vulnerables o aisladas, que tradicionalmente han presentado mayor dificultad para recibir información inmediata y precisa durante eventos críticos. En este contexto, destaca especialmente la implementación reciente del sistema ES-Alert en España, conocido también como “112 inverso”. Este sistema opera mediante la tecnología de difusión celular (Cell Broadcast), permitiendo enviar mensajes de alerta inmediata a todos los dispositivos móviles conectados a las antenas ubicadas en la zona afectada, sin necesidad de conocer datos personales de los usuarios. Dicha característica asegura una comunicación rápida y eficiente durante emergencias (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, s.f.; Firdhous & Karuratane, 2018).

La implementación de ES-Alert nace por la necesidad de dar cumplimiento de la Directiva Europea 2018/1972, que obliga a los Estados miembros a desarrollar sistemas de alerta basados en la telefonía móvil, capaces de proporcionar instrucciones claras y oportunas a la población en situaciones de emergencia (Federal Communications Commission [FCC], n.d.). En España, las primeras pruebas del sistema (Tabla 1) se realizaron en junio de 2022 como parte de una colaboración entre los Ministerios del Interior y de Asuntos Económicos y Transformación Digital (Gobierno de España, 2024a; Gobierno de España, 2024b), activándose oficialmente en febrero de 2023 tras una serie de simulacros que abarcaron distintas comunidades autónomas, incluyendo las Islas Canarias (Ministerio del Interior, 2022).

En Canarias, estos simulacros han continuado realizándose regularmente (Tabla 2), permitiendo familiarizar a la población con su funcionamiento para que la ciudadanía comprenda el alcance del sistema ES-Alert, su mecanismo de activación y la interpretación adecuada de los mensajes de alerta, favoreciendo así una respuesta más efectiva ante posibles emergencias.

Asimismo, los simulacros han permitido que la población conozca y se familiarice con esta nueva tecnología, aumentando su comprensión y confianza en ella (Salvago González, 2023).

Tabla 1. Calendario de Pruebas del Sistema ES-Alert en España

Fecha	Comunidades Autónomas	Descripción
24 de octubre de 2022	Cantabria, Andalucía, Asturias	Pruebas iniciales en regiones con diversas características geográficas
27 de octubre de 2022	Extremadura, Comunidad Valenciana, Galicia	Pruebas ampliadas para evaluar la cobertura en diferentes regiones
2 de noviembre de 2022	Murcia, Baleares, Madrid, Aragón, Navarra, Cataluña	Pruebas en conjuntos de población clave
10 de noviembre de 2022	País Vasco, Castilla y León, Canarias, Ceuta	Pruebas específicas en regiones insulares y urbanas
16 de noviembre de 2022	Castilla-La Mancha, La Rioja, Melilla	Pruebas finales en comunidades con densidades de población desiguales

Elaboración propia

Tabla 2. Calendario de Pruebas de ES-Alert en Canarias

Fecha	Isla
6 de julio de 2023	El Hierro
8 de febrero de 2024	Fuerteventura
27 de abril de 2024	La Palma
29 de mayo de 2024	Lanzarote
27 de junio de 2024	La Gomera

Elaboración propia

En líneas generales, la población ha dependido de métodos convencionales como la radio, la televisión o las llamadas telefónicas para informarse durante emergencias. Sin embargo, la introducción de ES-Alert supone una verdadera revolución en la comunicación del riesgo, invirtiendo el paradigma al hacer que sean los servicios de emergencia quienes informen activamente y en tiempo real a la población sobre cómo actuar en situaciones críticas. En este sentido, la percepción del riesgo juega un papel crucial, dado que la eficacia del sistema ES-Alert depende en gran medida de cómo la población recibe, comprende y actúa ante los mensajes transmitidos (Marincioni, 2020). Por este motivo, evaluar dicha percepción constituye un elemento central para la mejora continua del sistema. La normativa europea también subraya la importancia de la interoperabilidad, la transmisión precisa de información y la garantía de una localización efectiva en situaciones de emergencia (Reglamento delegado UE 2023/444; Directiva UE 2018/1972), aspectos que según el reglamento contribuyen significativamente a una mejor gestión de la comunicación del riesgo.

Aunque numerosas investigaciones han abordado previamente el análisis de amenazas naturales en Canarias, como inundaciones, fenómenos atmosféricos extremos, incendios forestales o actividad volcánica (López Díez et al., 2018; Dorta Antequera et al., 2020), la reciente implementación de ES-Alert hace necesario abordar estudios iniciales que exploren cómo percibe la población este sistema emergente. La isla seleccionada, Gran Canaria, debido a sus características demográficas (863.943 habitantes en 2024 —Instituto Canario de Estadística [ISTAC], 2025—), con altas densidades de población y una fuerte concentración urbana, así como con un intenso flujo turístico anual (más de 15 millones de viajeros en 2024, según los datos de Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA, 2025), es un ámbito idóneo para una exploración inicial sobre cómo estos habitantes percibieron el sistema. No obstante, el trabajo se circunscribe al ámbito universitario cuestión que se justifica en la metodología. Así pues, este trabajo tiene como objetivo principal analizar la percepción del sistema ES-Alert entre los miembros de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) tras el simulacro realizado el 26 de septiembre de 2024 por el Centro Coordinador de Emergencias y Seguridad 112 del Gobierno de Canarias, entre las 10:00 y las 12:00 horas, así como valorar aspectos relacionados con la percepción del riesgo entre la población universitaria. Hay que señalar que este trabajo servirá como base para futuras investigaciones más amplias, que profundicen en aspectos territoriales y sociodemográficos más concretos.

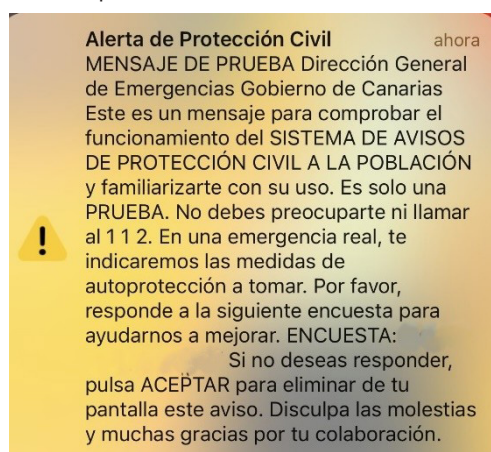
2. Metodología

Las encuestas son una de las metodologías más utilizadas para analizar la percepción y las opiniones de diferentes grupos poblacionales, permite recopilar datos cuantitativos y cualitativos de manera estructurada,

y facilita la identificación de tendencias, actitudes y comportamientos con relación a un tema específico. Su versatilidad radica en la posibilidad de adaptar el diseño del cuestionario según los objetivos del estudio, abarcando desde preguntas cerradas para obtener estadísticas precisas, hasta preguntas abiertas que exploran perspectivas más detalladas. En el ámbito de la percepción del riesgo y la eficacia de los sistemas de alerta y gestión de emergencias, las encuestas permiten evaluar aspectos como la utilidad percibida del sistema, la claridad del mensaje transmitido y la confianza en la tecnología empleada. Al combinar técnicas de análisis descriptivo con visualizaciones de datos, esta metodología ofrece un marco eficaz para comprender cómo la población percibe estos sistemas, contribuyendo a su mejora y optimización.

Para este estudio, se diseñó una encuesta dirigida a la comunidad universitaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Ministerio de Universidades, 2024) con el objetivo de evaluar su percepción sobre el sistema ES-Alert tras el simulacro realizado el 26 de septiembre de 2024. Dicho simulacro fue organizado por el Gobierno de Canarias a través de la Dirección General de Emergencias y el Centro Coordinador de Emergencias y Seguridad (CECOES) 112, en colaboración con el Cabildo de Gran Canaria, los 21 ayuntamientos de la isla y la Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Estado. Dado el carácter exploratorio de la investigación, se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando exclusivamente a los miembros de la comunidad universitaria que participaron voluntariamente en la encuesta. Hay que señalar que la muestra obtenida permite una primera aproximación a la percepción del sistema ES-Alert en un grupo concreto de la población, pero no pretende extrapolar los resultados a una escala territorial más amplia. El objetivo principal del simulacro por parte de la administración fue verificar el correcto funcionamiento de la tecnología de alerta temprana, sin vinculación con una amenaza específica real. En este contexto, la encuesta se diseñó para analizar cómo los participantes recibieron el mensaje de alerta, si lograron comprender su contenido y qué nivel de confianza generó el sistema. El texto del mensaje transmitido a la población fue el siguiente (Figura 1).

Figura 1. Mensaje recibido en dispositivos móviles durante el simulacro ES-Alert en Gran Canaria



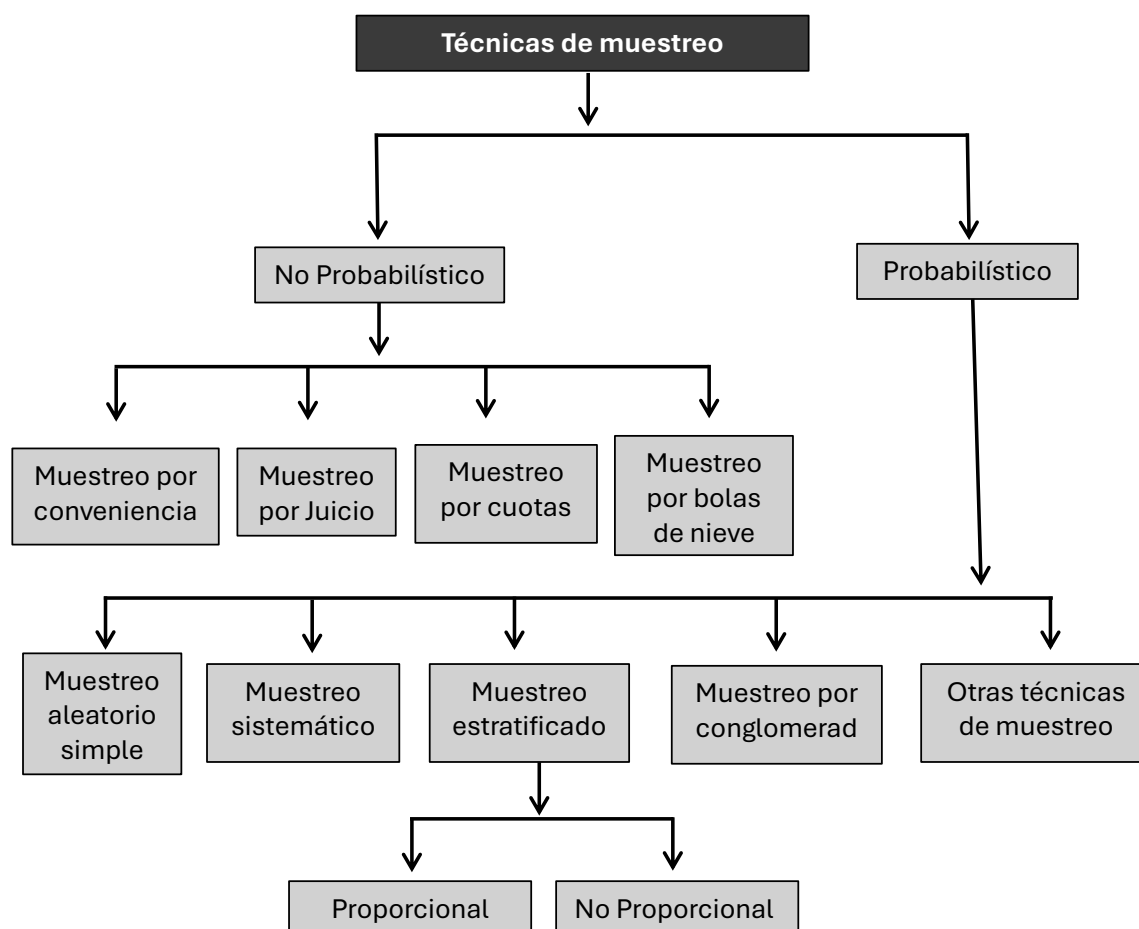
Fotografía de Fernando Medina Morales

Durante la prueba, se activaron de manera simultánea todas las estaciones base de telefonía móvil de la isla de Gran Canaria, permitiendo la difusión de un mensaje de alerta a través de la tecnología de difusión celular (Cell Broadcast). Este mecanismo aseguró que todos los dispositivos móviles conectados a las antenas dentro del territorio insular recibieran la notificación en el momento de su emisión. Asimismo, los dispositivos que ingresaran posteriormente en la zona de cobertura durante la ventana de activación del mensaje (entre las 10:00 y las 12:00 horas) también podrían recibirlo, siempre que estuvieran encendidos y con la funcionalidad de recepción habilitada. En cambio, los teléfonos que estuvieran apagados o en modo avión durante este período no recibirían la alerta. El desarrollo de estos simulacros no solo permitió a la administración pública evaluar aspectos técnicos del sistema, sino que también brinda una oportunidad clave para familiarizar a la población con esta herramienta de alerta temprana. En este sentido, la prueba realizada en Gran Canaria representó un ejercicio fundamental para analizar la percepción y efectividad del sistema en un entorno insular diverso y densamente poblado (Jerez Darías & García Cruz, 2023).

En el caso de nuestra investigación, para evaluar la percepción del sistema, se distribuyó al grupo de estudio un cuestionario a través de Google Forms, combinando preguntas cerradas y abiertas con el objetivo de obtener tanto datos cuantitativos como cualitativos. El muestreo utilizado fue no probabilístico por conveniencia

(Figura 2), con una muestra de 346 participantes, compuesta por estudiantes, personal docente y personal técnico de gestión, administración y servicios (PTGAS) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). Este diseño metodológico, aunque limitado en términos de representatividad, permite una primera aproximación a la percepción del ES-Alert dentro de una comunidad específica. Los resultados obtenidos servirán como base para futuros estudios que puedan ampliar la muestra e incorporar un enfoque más representativo a nivel territorial y poblacional.

Figura 2. Clasificación de las técnicas de muestreo



Fuente: Malhotra, 2008

Es importante señalar que la selección de los participantes a quienes se distribuyó el cuestionario estuvo determinada tanto por la proximidad geográfica como por la pertinencia de elegir un grupo poblacional con un nivel educativo que favoreciera valoraciones detalladas sobre la percepción de la tecnología de avisos masivos. Según datos institucionales de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), la comunidad universitaria está compuesta mayoritariamente por personas entre los 18 y 65 años, con una distribución equilibrada entre hombres y mujeres (ULPGC, 2022). Si bien la encuesta no incluyó preguntas específicas sobre variables demográficas como la edad, el sexo o el lugar donde los encuestados se encontraban en el momento de recibir el mensaje, se considera que la muestra proporciona información relevante y suficiente para el objetivo del estudio. Esto se debe a que abarca un segmento de población con capacidad crítica y acceso habitual a dispositivos móviles, los cuales constituyen los principales receptores del ES-Alert. No obstante, es importante reconocer que este estudio no contempla la percepción de grupos como menores de 18 años o personas de edad avanzada, quienes podrían presentar particularidades en la recepción y comprensión del mensaje. Además, hay que señalar, que tanto el día como la hora en que se envió el mensaje, hace prever que la mayor parte de los encuestados estarían en sus centros de trabajo (en el caso del profesorado y PTGAS) y en las aulas (en el caso del estudiantado), las cuales se concentran en el municipio de Las Palmas de Gran Canaria. Conviene incidir, por tanto, en que la naturaleza de esta investigación se centra en evaluar la efectividad del sistema en términos de recepción y claridad de la alerta, más que en realizar un análisis demográfico o espacial diferenciado.

Con relación a la técnica empleada en el análisis de los datos procedentes de las encuestas, se ha optado por un muestreo no probabilístico por conveniencia, una técnica utilizada cuando las limitaciones de tiempo, recursos o accesibilidad impiden obtener una muestra a través de métodos probabilísticos. Este enfoque permite seleccionar a los participantes disponibles y accesibles para el investigador, facilitando la recolección de datos en estudios donde la representatividad estadística no es el objetivo principal. Además, este método destaca por ser económico y ágil, lo que lo hace especialmente útil en investigaciones de carácter exploratorio o preliminar. En este tipo de estudios, la finalidad no es alcanzar una muestra representativa de la población general, sino identificar patrones generales y tendencias iniciales que puedan servir como base para futuras investigaciones con enfoques metodológicos más amplios y representativos (Vázquez Martínez, 2017).

Las encuestas en línea fueron seleccionadas como herramienta principal para la recopilación de datos debido a su capacidad para agilizar el proceso de recolección y minimizar errores manuales. Diversos estudios han resaltado estas ventajas en el uso de metodologías digitales para encuestas (Arroyo Menéndez & Finkel, 2019). Para garantizar que las respuestas reflejaran una percepción reciente y directa de la experiencia, la recolección de datos se llevó a cabo inmediatamente después de la activación del simulacro por parte de las administraciones competentes. Este proceso tuvo una duración de una semana, desarrollándose entre el 27 de septiembre y el 4 de octubre de 2024. Durante este período, se aseguró en todo momento el consentimiento informado de los participantes, así como la protección de su anonimato. El análisis realizado se enmarca en el estudio de la percepción del riesgo, un campo de investigación que examina cómo los individuos interpretan y responden ante amenazas potenciales y los mecanismos de alerta asociados. En este contexto, se analizaron correlaciones clave entre diferentes variables del sistema, con el propósito de identificar factores determinantes en su efectividad desde la perspectiva de los usuarios. Por ejemplo, se examinó la relación entre la claridad del mensaje y la confianza de la comunidad universitaria en el sistema de alerta, observándose que mensajes más comprensibles tienden a fortalecer la confianza en la herramienta y, en consecuencia, favorecen una mejor disposición a actuar ante una emergencia. Del mismo modo, se evaluó si la recepción oportuna de las alertas influye en la adherencia a las instrucciones proporcionadas, evidenciando que una mayor puntualidad en la recepción del mensaje incrementa la probabilidad de que los usuarios sigan correctamente las indicaciones establecidas. Estos hallazgos resultan relevantes dentro de los estudios de percepción del riesgo, ya que permiten comprender cómo ciertos factores comunicativos y operativos del sistema influyen en la respuesta, en este caso de la comunidad universitaria ante eventos adversos. Con base en estos resultados, se pueden priorizar mejoras en aspectos críticos como la sincronización en la difusión de alertas y el diseño de mensajes más efectivos, optimizando así la comunicación del riesgo (Rivera Berrio, 2010) y la preparación ciudadana ante emergencias. Cabe destacar que las respuestas abiertas de los encuestados fueron codificadas temáticamente, permitiendo extraer patrones y percepciones recurrentes. Este procedimiento facilitó el análisis de tendencias cualitativas, complementando los hallazgos cuantitativos y proporcionando una visión más integral sobre la percepción del ES-Alert.

3. Resultados

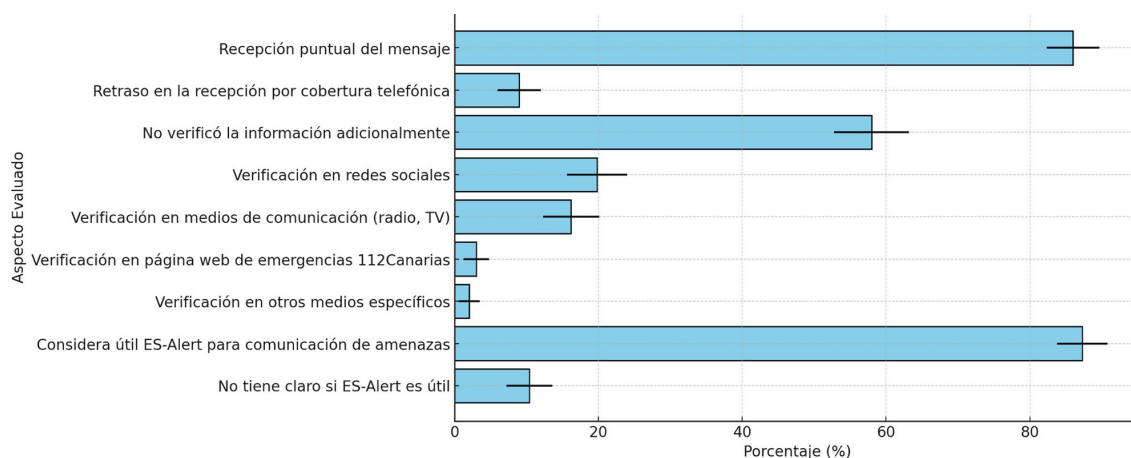
Según los datos de la memoria académica del curso 2023/24 realizado por la ULPGC¹, en ese curso se matricularon 16.077 estudiantes (en grado y máster), había 1.665 docentes y 831 miembros del PTGAS, lo que supone un total de 18.573 personas. No es posible contar con los datos del curso 2024/25 (que es realmente el que nos interesa) debido a que la Universidad no puede determinar el número total de estudiantes hasta que finalice el curso, por lo que se trata de un valor aproximado al curso actual. A esta población fue a la que se enviaron las encuestas, respondiendo un total de 346 personas, lo que supone un 1,8%. Este tamaño de la muestra se realizó siguiendo las recomendaciones de *Raosoft Sample Size Calculator*, que es una herramienta en línea diseñada para calcular el tamaño de muestra necesario en investigaciones, considerando parámetros como el nivel de confianza, margen de error, tamaño de la población y proporción estimada. Su uso es común en estudios académicos y encuestas por su facilidad de aplicación y precisión estadística. <http://www.raosoft.com/samplesize.html> (Raosoft, Inc., 2004), considerando un nivel de confianza del 95%, una proporción esperada del 50% y un margen de error del $\pm 5,26\%$. Este margen se encuentra dentro de los rangos aceptables para estudios exploratorios y de percepción. De los 346 participantes, un 91% reportó haber recibido el mensaje de alerta emitido el 26 de septiembre a las 10:00 horas, lo que refleja una buena cobertura del sistema ES-Alert. Este porcentaje implica que los participantes, miembros de la comunidad universitaria, se encontraban físicamente en Gran Canaria, ya que la mensajería del sistema se distribuye exclusivamente a

¹ <https://www.ulpgc.es/sites/default/files/ArchivosULPGC/secretariageneral/Memorias%20academicas/memoria2324.pdf>

través de las antenas de telecomunicaciones ubicadas en la isla de emisión (Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, n.d.). No obstante, conviene indicar que, dependiendo de la ubicación de estas antenas de telefonía móvil, la señal puede llegar a embarcaciones cercanas o a islas próximas, cuestión que, en principio, no afecta a la muestra realizada a estudiantes, profesores y PTGAS de la ULPGC.

Por otro lado, el 86% de los encuestados recibió el mensaje puntualmente, mientras que el 9% experimentó retrasos en la recepción por motivos de cobertura telefónica. En cuanto a la verificación de la información, el 58% de los participantes no utilizó medios adicionales y confió exclusivamente en la notificación recibida. Sin embargo, un 19,8% recurrió a redes sociales como fuente de confirmación, mientras que un 16,2% empleó medios de comunicación tradicionales, como la radio y la televisión, para obtener más detalles. Además, un porcentaje reducido del grupo universitario exploró alternativas menos convencionales: un 3% utilizó la página web de emergencias del 112 Canarias, mientras que un 2% señaló otros medios específicos para complementar la información recibida. Un 87,3% de los encuestados consideró esta herramienta útil para la comunicación de amenazas en situaciones de emergencia real, frente al 10,4% que no lo tiene claro (Figura 3).

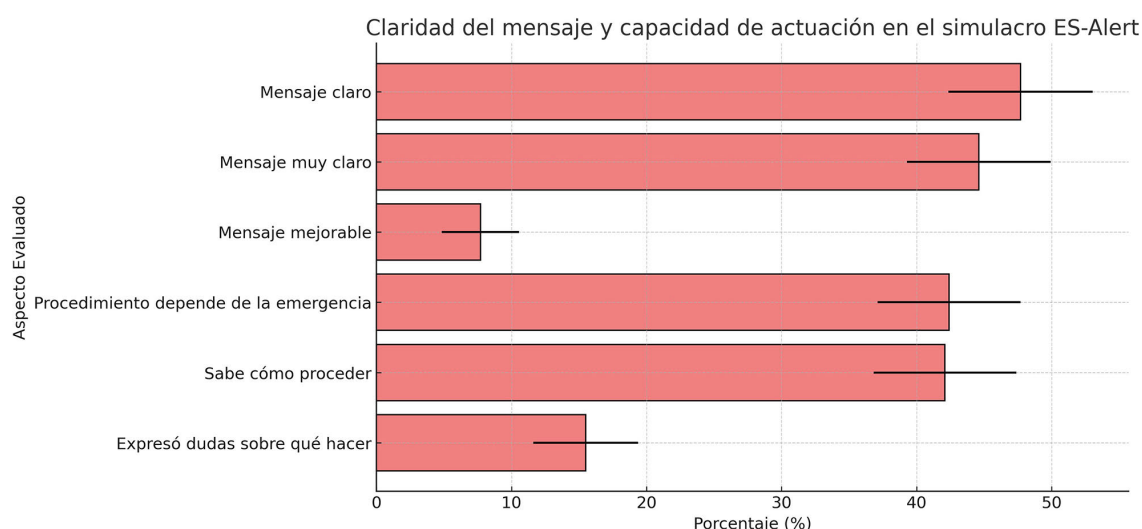
Figura 3. Percepción y respuesta de la comunidad universitaria ante el simulacro



Fuente: Encuesta realizada mediante Google Forms, 2024. Elaboración propia

Los datos reflejan una aceptación generalizada del sistema por parte de la comunidad universitaria (Figura 4). En cuanto a la claridad del mensaje, el 47,7% de los encuestados lo consideró 'claro', mientras que un 44,6% lo calificó como 'muy claro'. No obstante, un 7,7% indicó que el mensaje podría mejorarse. Respecto a la capacidad de actuar basándose en las indicaciones del simulacro, el 42,4% señaló que su respuesta dependería del tipo de emergencia, el 42,1% afirmó saber cómo proceder y un 15,5% expresó dudas sobre qué hacer en esa situación (Figura 4).

Figura 4. Comprensión y claridad del mensaje en el simulacro



Fuente: Encuesta realizada mediante Google Forms, 2024. Elaboración propia

4. Discusión de resultados

Los resultados de este estudio han permitido obtener información preliminar sobre la percepción del ES-Alert dentro de la comunidad universitaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, tras su activación en el simulacro del 26 de septiembre de 2024. En este sentido, el análisis refleja una alta aceptación del sistema, con un 87% de los encuestados que consideraron su uso útil en emergencias reales, lo que coincide con la tendencia observada en estudios previos sobre la efectividad de los sistemas de alerta basados en tecnología móvil (Salvago González, 2023).

Uno de los aspectos clave que refuerzan esta percepción positiva es la capacidad de ES-Alert para enviar mensajes de manera inmediata a todos los dispositivos móviles dentro de una zona geográfica determinada sin necesidad de aplicaciones o registros previos. Esta característica lo posiciona como una herramienta fundamental dentro de los sistemas de alerta temprana modernos y se alinea con las recomendaciones de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR). En comparación con otros métodos de alerta tradicionales (Tabla 3), ES-Alert destaca por su capacidad de cobertura masiva y automatizada, lo que minimiza la exclusión de ciertos sectores de la población debido a barreras tecnológicas o limitaciones en el acceso a Internet (Google, n.d.; Twitter, n.d.). Este aspecto es especialmente relevante en contextos donde la rapidez en la difusión de la información es un factor determinante para la efectividad de la respuesta ante una emergencia (Ministerio del Interior de España, n.d.).

Tabla 3. Comparación de métodos de alerta en emergencias según ventajas y desventajas

Método	Ventajas	Desventajas
Aplicaciones específicas	Personalización, mapas, guías	Requiere instalación y configuración previa
Redes sociales	Alcance masivo, coste bajo	Desinformación, no llega a todos
TV y radio	Funciona sin internet	Mensajes genéricos, dependiente del medio
Sirenas públicas	Inmediatas, no dependen de tecnología	No detalladas, limitaciones auditivas
SMS masivos	No requiere app ni internet	Mensajes breves, sin interacción
Notificaciones geolocalizadas	Basadas en dispositivos existentes	Dependen del GPS y notificaciones activadas

Elaboración propia

Sin embargo, los resultados también revelan áreas de mejora, particularmente en lo relativo a la claridad del mensaje recibido, aspecto que fue señalado como mejorable por un 31% de los encuestados. Este punto es especialmente relevante, ya que la efectividad de los sistemas de alerta temprana no solo depende del alcance del mensaje, sino también de la capacidad del que lo recibe para comprender y reaccionar adecuadamente a la información transmitida (Marincioni, 2020). Los diferentes estudios sobre la percepción del riesgo subrayan la necesidad de que los mensajes de alerta sean concisos, directos y adaptados al perfil de la población destinataria, evitando ambigüedades que puedan generar confusión en momentos críticos (Izu Belloso, 2009). Asimismo, el 42% de los participantes manifestó que su capacidad de respuesta ante una alerta dependería del tipo de emergencia. Este hallazgo refuerza la idea de que la familiarización con los sistemas de alerta (Government of the Netherlands, n.d.) juega un papel crucial en la reducción de la incertidumbre y mejora la reacción ante una situación de peligro inminente (Krichen et al., 2024). En este sentido, la realización de simulacros como el evaluado en este estudio constituye una estrategia clave para fortalecer la confianza en la herramienta y mejorar la preparación ante emergencias. En el caso de este estudio, dicha percepción se analiza dentro de la comunidad universitaria, proporcionando una visión específica sobre cómo este grupo responde y se familiariza con el ES-Alert.

Por otro lado, este estudio presenta limitaciones metodológicas derivadas del uso de un muestreo no probabilístico por conveniencia, lo que restringe la posibilidad de extrapolar los resultados a una escala territorial más amplia. Como se indicó en la introducción y en el propio objetivo del trabajo, este análisis tiene un carácter exploratorio, centrado exclusivamente en la comunidad universitaria. A pesar de esta limitación, el estudio representa un primer paso en la evaluación de la percepción del ES-Alert en Canarias, sentando las bases para investigaciones futuras con diseños metodológicos más amplios, representativos y orientados a sectores poblacionales diversos. En este sentido, futuras investigaciones deberían integrar un enfoque más amplio que contemple la percepción del ES-Alert en diferentes grupos poblacionales y territorios dentro del archipiélago, evaluando factores como la edad, la ubicación geográfica en el momento de la recepción del

mensaje y el nivel de exposición a riesgos naturales. Además, la inclusión de análisis espaciales detallados, como la identificación de zonas con cobertura deficiente o barreras en la recepción de alertas, permitiría mejorar la eficacia del sistema y optimizar su integración dentro de los planes de gestión del riesgo en Canarias.

5. Conclusiones

Este estudio ha evaluado la percepción del sistema ES-Alert en la comunidad universitaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, tras su activación en el simulacro realizado el 26 de septiembre de 2024 por las administraciones competentes en materia de protección civil y emergencias. A partir de una muestra de 346 docentes, estudiantes y personal técnico de gestión, administración y servicios (PTGAS), se han identificado hallazgos relevantes sobre la claridad de los mensajes, la utilidad percibida del sistema y la respuesta de la población universitaria ante la activación de alertas de emergencia. Los resultados reflejan una alta aceptación del sistema dentro del entorno universitario, con un 87% de los encuestados que considera útil la herramienta en emergencias reales. Asimismo, la evaluación de la claridad de los mensajes muestra que la mayoría de los participantes los percibió como comprensibles, aunque un 7,7% señaló oportunidades de mejora. Además, el estudio ha permitido identificar que la capacidad de respuesta ante una alerta no es uniforme, ya que el 42,4% de los encuestados indicó que su reacción dependería del tipo de emergencia, lo que refuerza la necesidad de fortalecer la capacitación y familiarización con este tipo de sistemas. Si bien el presente estudio no tiene como objetivo evaluar la eficacia técnica del ES-Alert ni analizar su impacto en la totalidad de la población canaria, los resultados obtenidos ofrecen una primera aproximación exploratoria sobre cómo un grupo específico, en este caso la comunidad universitaria, percibe y responde a los mensajes de alerta. Esto permite identificar aspectos clave para su optimización y sentar las bases para futuras investigaciones que amplíen el análisis a otros sectores poblacionales y territorios.

En conclusión, la implementación de ES-Alert en España, en cumplimiento con las normativas europeas, representa un avance significativo en la gestión de emergencias, mejorando la capacidad de difusión masiva y rápida de información crítica. En el ámbito universitario analizado, la herramienta ha demostrado ser bien valorada, aunque con márgenes de mejora en la claridad del mensaje y en la preparación de los destinatarios para actuar ante diferentes escenarios de riesgo. Futuras investigaciones podrían profundizar en el análisis de la percepción del ES-Alert en distintos colectivos, permitiendo obtener un diagnóstico más completo sobre la efectividad de la herramienta y su impacto en la respuesta ciudadana ante emergencias reales.

Contribución de autoría

Fernando Medina Morales y Pablo Mayer Suárez participaron en las siguientes tareas del estudio:

- Conceptualización: Fernando Medina Morales
- Curación de datos: Fernando Medina Morales
- Análisis formal: Fernando Medina Morales
- Adquisición de fondos: Pablo Mayer Suárez
- Metodología: Fernando Medina Morales
- Recursos: Fernando Medina Morales
- Supervisión: Pablo Mayer Suárez
- Visualización: Fernando Medina Morales
- Redacción – borrador original: Fernando Medina Morales y Pablo Mayer Suárez
- Redacción – revisión y edición: Fernando Medina Morales y Pablo Mayer Suárez

Financiación

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto PLANCLIMAC2, 1/MAC/2/2.4/0006: un 85% por el Programa de Cooperación Territorial Interreg VI Madeira-Azores-Canarias (MAC) 2021-2027 del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el 15% restante de los fondos regionales y nacionales de los territorios participantes. Esto incluye contribuciones de los gobiernos regionales de Madeira (Portugal), Azores (Portugal) y Canarias (España).

Referencias

- Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA). (2025). *Informe Anual 2024*. <https://www.aena.es/es/estadisticas/informes-anuales.html>
- Alexander, D. (1991). Information technology in real-time for monitoring and managing natural disasters. *Progress in Physical Geography*, 15(3), 238-260. <https://doi.org/10.1177/030913339101500302>
- Apple. (n.d.). Emergency alerts on iPhone. <https://support.apple.com>
- Arroyo Menéndez, M., & Finkel, L. (2019). Encuestas por Internet y nuevos procedimientos muestrales. *Panorama Social*, 30, 41-52.
- Dirección General de Protección Civil y Emergencias. (s.f.). *Sistema de Avisos a la Población (ES-Alert)*. <https://www.proteccioncivil.es/coordinacion/redes/ran/public-warning-system>
- Dorta Antequera, P. (2007). *Catálogo de riesgos climáticos en Canarias: amenazas y vulnerabilidad*. *Geographicalia*, 51, 133-160. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2007511118
- Dorta Antequera, P., López Díez, A., Díaz Pacheco, J., Mayer Suárez, P., & Romero Ruiz, C. (2020). *Turismo y amenazas de origen natural en la Macaronesia. Análisis comparado*. *Cuadernos de Turismo*, 45, 61-92. <https://doi.org/10.6018/turismo.45.426041>
- Facebook. (n.d.). *Crisis response on Facebook*. <https://www.facebook.com/crisisresponse/>
- Federal Communications Commission (FCC). (n.d.). *Emergency Alert System (EAS)*. <https://www.fcc.gov/emergency-alert-system>
- Firdhous, M. F. M., & Karuratane, P. M. (2018). A model for enhancing the role of information and communication technologies for improving the resilience of rural communities to disasters. *Procedia Engineering*, 212, 707-714. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.091>
- Fosso Djoumessi, Y., & Eyike Mbongo, L. de B. (2022). An analysis of information communication technologies for natural disaster management in Africa. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 68, 102722. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102722>
- Gobierno de España. (2024a). *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*. <https://planderrecuperacion.gob.es/>
- Gobierno de España. (2024b). *Plan para la Conectividad y las Infraestructuras Digitales*. Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. <https://portal.mineco.gob.es/es-es/digitalizacionIA/paginas/plan-conectividad.aspx>
- Google. (n.d.). *Public alerts*. <https://www.google.org/publicalerts>
- Government of the Netherlands. (n.d.). NL-Alert: *The Netherlands' emergency alert system*. <https://www.government.nl/topics/counterterrorism-and-national-security/nl-alert>
- Instituto Canario de Estadística (ISTAC). (2025). *Población residente en Canarias por islas*. <https://www.gobiernodecanarias.org/istac/>
- Izu Belloso, M. J. (2009). De la protección civil a la gestión de emergencias: La evolución del marco normativo. *Revista Aragonesa de Administración Pública*, 35, 301-370. <https://doi.org/10.71296/raap.297>
- Japan Meteorological Agency (JMA). (n.d.). *Tsunami and disaster warnings*. <https://www.jma.go.jp>
- Jerez Darias, L. M., & García Cruz, J. I. (2023). Los desequilibrios geodemográficos en Canarias: Una expresión de su especialización económica. *Boletín de la Asociación Española de Geografía*, (98). <https://doi.org/10.21138/bage.3443>
- Krichen, M., Abdalzaher, M. S., Elwekeil, M., & Fouda, M. M. (2024). Managing natural disasters: An analysis of technological advancements, opportunities, and challenges. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 4, 99-109. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.09.002>
- López Díez, A., Dorta Antequera, P., Díaz Pacheco, J., & Caraballo Acosta, O. (2018). *Consecuencias de los eventos meteorológicos de rango extraordinario en Canarias: Temporales de viento, inundaciones y fenómenos costeros (1996-2016)*. In *El clima - Aire, agua, tierra y fuego* (pp. 749-759). Universidad de La Laguna. <https://www.researchgate.net/publication/328382123>

- Malhotra, N. K. (2008). *Marketing research: An applied orientation* (5th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Marincioni, F. (2020). L'emergenza climatica in Italia: Dalla percezione del rischio alle strategie di adattamento. In *Geographies of the Anthropocene*. Il Sileno Edizioni.
- Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. (n.d.). *Geoportal de Coberturas de Telecomunicaciones*. <https://geoportal.minetur.gob.es/VCTEL/vcne.do>
- Ministerio del Interior de España. (n.d.). AlertCops: La app de seguridad ciudadana. <https://alertcops.ses.mir.es/publico/alertcops/>
- Ministerio del Interior. (2022, June 21). *Interior activa el Sistema de Avisos a la Población ante emergencias o catástrofes*. Gobierno de España. <https://www.interior.gob.es/opencms/es/detalle/articulo/Interior-activa-el-Sistema-de-Avisos-a-la-Población-ante-emergencias-o-catastrofe/>
- Ministerio de Universidades. (2024). *Datos y cifras del sistema universitario español 2023-2024*. Secretaría General de Universidades. <https://www.universidades.gob.es/wp-content/uploads/2024/05/SIIU-DatosCifras2024.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (2023). *Gestión de la información y comunicación en emergencias y desastres: Guía para equipos de respuesta*. OPS/OMS.
- Raosoft, Inc. (2004). *Sample size calculator*. <http://www.raosoft.com/samplesize.html>
- Reglamento Delegado (UE) 2023/444 de la Comisión de 16 de diciembre de 2022, por el que se complementa la Directiva (UE) 2018/1972 del Parlamento Europeo y del Consejo con medidas para garantizar el acceso efectivo a los servicios de emergencia a través de las comunicaciones de emergencia al número único europeo de emergencia 112. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 65, 1-8.
- Rivera Berrio, J. G. (2010). *La comunicación del riesgo hacia un modelo efectivo y situacional de la comunicación del riesgo* [Doctoral thesis, Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea]. Repositorio Institucional ITM. <http://hdl.handle.net/20.500.12622/1814>
- Salvago González, B. (2023, March 20). El sistema de alarma a la población (ES-Alert). *Seguritecnia*. https://www.seguritecnia.es/sectores/proteccion-civil-y-emergencias/el-sistema-de-alarma-a-la-poblacion-es-alert_20230320.html
- Schwertner, K., Zlateva, P., & Velez, D. (2018). Digital technologies of industry 4.0 in management of natural disasters. In *Proceedings of the 2nd International Conference on E-commerce, E-Business and E-Government (ICEEG '18)* (pp. 95-99). <https://doi.org/10.1145/3234781.3234798>
- Twitter. (n.d.). *Twitter alerts*. <https://help.twitter.com/en/managing-your-account/about-twitter-alerts>
- Unión Europea. (2018). Directiva (UE) 2018/1972 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 por la que se establece el Código Europeo de las Comunicaciones Electrónicas. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 321, 17-166. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32018L1972>
- Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). (2022). *Guía de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. <https://www.ulpgcparati.es/sites/default/files/Documentos/guiaulpgc2022op.pdf>
- Vázquez Martínez, M. G. (2017). *Muestreo probabilístico y no probabilístico*. Universidad del Istmo.



Análisis territorial de la vulnerabilidad social en ciudades de Quintana Roo, México: Un enfoque multidimensional

Territorial Analysis of Social Vulnerability in Cities of Quintana Roo, México: A Multidimensional Approach

AUTORÍA

**Adriana Lucía Trejo
Albuerne** 

Posdoctorante Instituto de Geografía,
Universidad Nacional Autónoma de México,
México.

Naxhelli Ruiz Rivera 

Instituto de Geografía, Universidad Nacional
Autónoma de México, México.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.28724>

CITACIÓN

Trejo Albuerne, A.L. & Ruiz Rivera, N. (2025). Análisis territorial de la vulnerabilidad social en ciudades de Quintana Roo, México: Un enfoque multidimensional. *Investigaciones Geográficas*, (84), 43-65. <https://doi.org/10.14198/INGEO.28724>

CORRESPONDENCIA

Adriana Lucía Trejo Albuerne (cartografia.riesgos@geografia.unam.mx)

HISTORIA

Recibido: 16 noviembre 2024
Aceptado: 13 marzo 2025
Publicado: 23 julio 2025
(Publicación anticipada: 23 mayo 2025)

TÉRMINOS

© 2025 Adriana Lucía Trejo Albuerne, Naxhelli Ruiz Rivera

 Este trabajo se publica bajo una licencia Creative Commons de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

Este artículo analiza la vulnerabilidad social en siete ciudades de Quintana Roo, México, utilizando un enfoque multidimensional para comprender las dinámicas territoriales que impactan a una población con grandes disparidades y crecimiento constante debido al turismo. Se desarrolló un índice de vulnerabilidad social (IVS) con cuatro variantes (bivariado, absoluto, relativo y sintético), construido a partir de 18 variables del Censo de Población y Vivienda 2020 a nivel de manzana urbana. La metodología, de alta replicabilidad y resolución espacial, considera la vulnerabilidad como un fenómeno sistémico que requiere intervenciones específicas y adaptadas a los contextos sociales particulares.

Los resultados muestran patrones complejos de vulnerabilidad en áreas urbanas densamente pobladas, particularmente en zonas periféricas, barrios marginados y asentamientos irregulares. Se identificaron factores clave como el bajo nivel educativo del jefe del hogar, la alta proporción de menores, la falta de acceso a servicios de salud y la carencia de servicios básicos principalmente. Los aportes del estudio tienen implicaciones relevantes para el diseño de políticas públicas e intervenciones focalizadas, las cuales son prioritarias en contextos de rápido crecimiento urbano y exposición ante riesgos socioambientales propios de la región del Caribe Mexicano como inundaciones, intrusión salina y eventos climáticos extremos.

Palabras clave: Índices de vulnerabilidad social; riesgos socioambientales; desigualdad social; Cancún; Playa del Carmen; Tulum; Cozumel; Chetumal; Bacalar; Felipe Carrillo Puerto.

Abstract

This article analyzes social vulnerability in seven cities of Quintana Roo, Mexico, using a multidimensional approach in order to understand the territorial dynamics affecting a population characterized by significant disparities and constant growth driven by tourism. A Social Vulnerability Index (IVS) with four variants (bivariate, absolute, relative, and synthetic) has been developed, constructed from 18 variables of the 2020 Population and Housing Census at the urban block level. The method, with a high replicability and spatial resolution, considers vulnerability as a systemic phenomenon that requires specific interventions tailored to particular social contexts.

The results show complex patterns of vulnerability in densely populated urban areas, particularly in peripheral zones, marginalized neighborhoods, and informal settlements. Key factors identified include the low educational level of the head of household, the high proportion of minors, the lack of access to health services, and the absence of basic services. The findings of the study have relevant implications for the design of public policies and targeted interventions, which constitute priorities in contexts of rapid urban growth and exposure to socio-environmental risks typical of the Mexican Caribbean region, such as floods, saltwater intrusion, and extreme weather events.

Keywords: Social Vulnerability Index; Socio-environmental Risks; Cancun; Playa del Carmen; Tulum; Cozumel; Chetumal; Bacalar; Felipe Carrillo Puerto.

1. Introducción: el análisis espacial y la vulnerabilidad social

Los riesgos socioambientales son las condiciones vinculadas con la interacción entre la vulnerabilidad social con ciertos componentes físicos y/o del ambiente construido que, por su intensidad, tipo, concentración o nivel de degradación, pueden tener efectos adversos e inciertos que afectan a uno o varios grupos sociales (Jaeger, 2001; Lavell, 1996). Los riesgos socioambientales combinan una condición de vulnerabilidad, es decir, de desventaja social estructural (Natenzon et al., 2005), con fenómenos diversos que pueden ser de aparición lenta (sequía, aumento del nivel del mar, intrusión salina, degradación ambiental, exposición gradual a sustancias tóxicas), o de aparición súbita (inundaciones, erupciones volcánicas, explosiones químicas), y se asocian a impactos negativos en el grupo social que afectan, incidiendo en el detrimento de su bienestar o de los satisfactores requeridos para cubrir sus necesidades humanas (Ruiz, 2012).

Algunos riesgos socioambientales pueden materializarse en desastres, por la escala intensiva de sus impactos y la gravedad de sus consecuencias sociales, que exceden las capacidades de respuesta de la sociedad que los experimenta (Tierney, 2019). Sin embargo, no todos los riesgos socioambientales se expresan como desastres; si bien los riesgos asociados a fenómenos de lento desenvolvimiento se han analizado bajo el concepto de riesgo extensivo (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres [UNISDR], 2009), algunos de ellos deben entenderse como fenómenos crónicos, asociados sobre todo a sistemas sociales desiguales y a problemas regulatorios en materia ambiental, de asentamientos humanos y de actividades extractivas (Auyero & Swistun, 2008). Es decir, los riesgos socioambientales son fenómenos híbridos o sistemas complejos en los cuales, no solamente se deben conocer los factores naturales o antropogénicos peligrosos, sino también los aspectos relacionados con la condición social específica de las personas que potencialmente pueden ser afectadas por ellos (Romero, 2010).

Las desigualdades, carencias y susceptibilidades específicas de las personas son una parte fundamental para entender los potenciales impactos negativos de esos fenómenos. Por esta razón, son necesarios enfoques integrales que aborden la vulnerabilidad social desde estrategias metodológicas que contribuyan a la comprensión de los aspectos estructurales de la desventaja, y que además sean apropiados para su integración con los otros componentes físicos o antropogénicos que constituyen los riesgos socioambientales. Y si bien existe un espectro muy amplio de propuestas metodológicas sobre vulnerabilidad social (Birkmann, 2007; Tate, 2012), un aspecto fundamental para su utilización en el análisis de los riesgos socioambientales es su capacidad de expresión espacial, algo que no todas las medidas sintéticas tienen.

Este artículo tiene por objeto contribuir a las metodologías existentes de análisis territorial de la vulnerabilidad asociada a los riesgos socioambientales, y problematizar la estimación e integración de estas variables, para que otros autores puedan replicarla o ajustarla para el análisis de otros casos. Para ello, se adapta un método de integración matricial de variables de vulnerabilidad social de una alta replicabilidad, el cual parte de una propuesta previa desarrollada como un Índice de Vulnerabilidad Social ante Desastres en Barrenechea et al. (2000), Natenzon (2005), Natenzon y González (2010), Natenzon (2015), Ruiz y Magaña (2022) y Massachesi et al. (2023).

El artículo se conforma, además de esta introducción, por un primer apartado en el cual abordamos las particularidades de la cartografía de la vulnerabilidad social y su utilización en diversas actividades que intervienen en la gestión de los riesgos socioambientales. En la segunda sección se desarrolla la metodología, la cual se operacionaliza con un estudio de caso —siete ciudades del estado de Quintana Roo, México—. Ello nos lleva a la justificación del diseño y muestra de variables; así como al desarrollo de los procesos que sustentan la construcción del Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) propuesto, a través de una matriz. En el apartado de Resultados, se presentan las cuatro variantes del IVS (absoluto, relativo, sintético y bivariado)

para las ciudades turísticas de Cancún, Playa del Carmen, Tulum, Cozumel, Bacalar, Chetumal y Felipe Carrillo Puerto, a una resolución de manzanas urbanas, lo cual permite estimar la vulnerabilidad social subyacente con un gran nivel de detalle. Finalmente, en la discusión de los resultados se analizan las implicaciones de éstos en cuanto a la desigualdad territorial y las dimensiones de vulnerabilidad más agudas que es posible construir e inferir a partir de este tipo de metodologías.

El análisis de la vulnerabilidad social a través de la creación de índices se considera como una vía para comprender dinámicas de desigualdad y riesgo socioambiental en diversas poblaciones, ya que es una herramienta para procesar y sintetizar tanto variables cualitativas como cuantitativas para estimar las diferencias y desventajas sociales entre diferentes áreas geográficas o grupos de población. Estos índices suelen integrar múltiples indicadores que sintetizan información sobre diversas categorías de carencia o fragilidad —tales como la pobreza, el acceso a servicios básicos, las características de la vivienda, la educación y la salud—; estos indicadores representan las condiciones materiales de vida en general, pero también factores económicos y sociales (Mah et al., 2023). El uso de técnicas multivariadas en la construcción de estos índices permite un entendimiento más profundo de las interrelaciones entre estos diferentes factores (Filho, 2019). Especialmente popular ha sido el Índice de Vulnerabilidad Social (SoVI, por sus siglas en inglés), una técnica multivariada basada en un tipo de análisis factorial, el cual ha sido utilizado y reinterpretado constantemente a lo largo de dos décadas (Cutter & Morath, 2013; Frigerio & De Amicis, 2016; Giovane & Cannatella, 2017; Roncancio et al., 2020).

Estos índices se utilizan en múltiples contextos, desde la planificación de los servicios urbanos hasta la gestión de desastres socioambientales; su aplicación permite a los responsables de la toma de decisiones identificar áreas críticas que requieren intervención (Durán Gil, 2017; Rodríguez Van Gort, 2019). Al perfilar áreas cuyos habitantes viven con carencias significativas y que también están expuestas a amenazas, las instituciones responsables del bienestar público pueden priorizar intervenciones en territorios que requieran de atención urgente. Asimismo, al identificar las debilidades y fortalezas de la población, los IVS pueden ser utilizados para diseñar programas que fortalezcan la prevención y la capacidad de respuesta ante alguna crisis, promoviendo así una mejor identificación de los factores necesarios para prevenir y reducir las consecuencias de los riesgos socioambientales (Roncancio et al., 2020). Esto es especialmente relevante en contextos urbanos; sin embargo, es en estos espacios donde la densidad poblacional y la diversidad de condiciones socioeconómicas pueden complicar la identificación precisa y la gestión de diferentes tipos de riesgos socioambientales (Fank, 2022; Cardoso, 2019). En estos contextos, se requiere información de alta resolución para poder estimar apropiadamente las condiciones y áreas de mayor desventaja.

Una de las principales prioridades a considerar al diseñar este tipo de índices, para facilitar su aplicación en el conocimiento y toma de decisiones relativas a la gestión de riesgo socioambientales (incluyendo reducción de riesgos de desastres), es construirlos utilizando datos públicos, replicables y gratuitos. La continuidad de la información es relevante para reducir las barreras de acceso, facilitar la actualización de la estimación y fundamentar su uso en decisiones de relevancia pública; en ese sentido, es deseable el uso de metodologías espacial y temporalmente replicables (Mah et al., 2023).

Los índices de vulnerabilidad de alta resolución espacial buscan identificar patrones, tendencias y relaciones entre los diferentes elementos del territorio que nos permiten cartografiar y visualizar las dinámicas sociales, económicas y ambientales que influyen en la vulnerabilidad de los diferentes grupos sociales, así como entender su distribución. Además, el análisis territorial ayuda a evaluar el impacto de las actividades humanas y los procesos naturales en el espacio. A través de esta evaluación, es posible comprender las interacciones entre estos elementos y su efecto sobre la capacidad de las comunidades para afrontar situaciones críticas, lo que proporciona información valiosa para el diseño de estrategias efectivas de mitigación y adaptación (Lee, 2014).

Por otro lado, es importante hacer explícitos los componentes de la cartografía que se utilizan para representar la vulnerabilidad social, ya que deben permitir la correcta representación (calificación) y visualización espacial de este fenómeno, donde se pueden identificar procesos socioterritoriales que pueden no ser evidentes a través de un análisis probabilístico o de variables continuas, característico de otros componentes del riesgo (Ruiz & Magaña, 2022). En la construcción de índices de vulnerabilidad, se deben considerar varios aspectos metodológicos, que en conjunto dan validez y capacidad de representar apropiadamente los aspectos específicos de desventaja social. En la Tabla 1 se sintetizan cuatro componentes fundamentales a considerar en un índice: escala (resolución), rangos de valor enfatizado, normalización y cortes y agrupación. Estos componentes, combinados apropiadamente, permiten una adecuada estimación y representación cartográfica para la toma de decisiones, priorizar recursos y dirigir estrategias de mitigación de manera puntual.

Tabla 1. Aspectos metodológicos para la representación de componentes de desventaja social

Aspecto	Descripción
Escala geográfica	Refiere a la extensión y granularidad de los datos. Se debe considerar la unidad de análisis utilizada para el levantamiento de datos en variables discretas, así como la resolución utilizada para hacer inferencias en el caso de variables continuas.
Tipos de valor enfatizado	Se debe considerar cómo utilizar adecuadamente los tipos de valor que califican la situación de desventaja o carencia. Algunos de ellos son las frecuencias (por ejemplo, personas sin escolaridad básica), promedios (ingreso) o los valores extremos de un conjunto de datos (pobreza extrema).
Normalización	Dado que la vulnerabilidad es un ejercicio de síntesis de variables de diversos tipos y fuentes, se debe establecer una vía para normalizar —poner en un mismo plano— las variables de linajes variados, especialmente aquellas que de origen son cualitativas. La normalización permite también establecer rangos claros para jerarquizar la negatividad de la condición estimada.
Cortes y agrupación	La vulnerabilidad requiere considerar la distribución de los valores de las variables en el conjunto de casos analizados, especialmente si esa distribución es asimétrica o altamente dispersa. Los índices requieren considerar la estrategia óptima de corte/agrupación para representar de mejor manera los casos en los que mayormente se expresa la vulnerabilidad. Algunas de las estrategias utilizadas son cortes por cuantil, rupturas naturales e intervalos.

Fuente: Brewer, 2006; De Sherbinin et al., 2019; Sheppard & McMaster, 2004; Tate, 2012; y Tyner, 2010. Elaboración propia

La representación espacial de la vulnerabilidad social no solo permite la identificación de áreas o sectores sociales con una o varias condiciones críticas, sino que también forma parte de las narrativas de las comunidades en desventaja sobre las desigualdades existentes. Un buen índice provee información sobre los aspectos en los cuales se debe incidir de manera focalizada por parte de los tomadores de decisiones para reducir las desventajas (Gaynor & Wilson, 2020) y aumentar la capacidad de respuesta ante fenómenos intensos, ya sean crónicos o agudos.

En la siguiente sección se presenta el proceso metodológico para poner en práctica los principios de cartografía de vulnerabilidad, a través de un estudio de caso en las ciudades de la región del Caribe mexicano. En el uso de estos datos se ponen de manifiesto las decisiones y alcances del diseño de un índice de vulnerabilidad —en este caso, a través de una construcción a partir de una matriz— así como sus posibles alcances y aplicaciones.

2. Metodología

2.1. Descripción y relevancia del caso de estudio

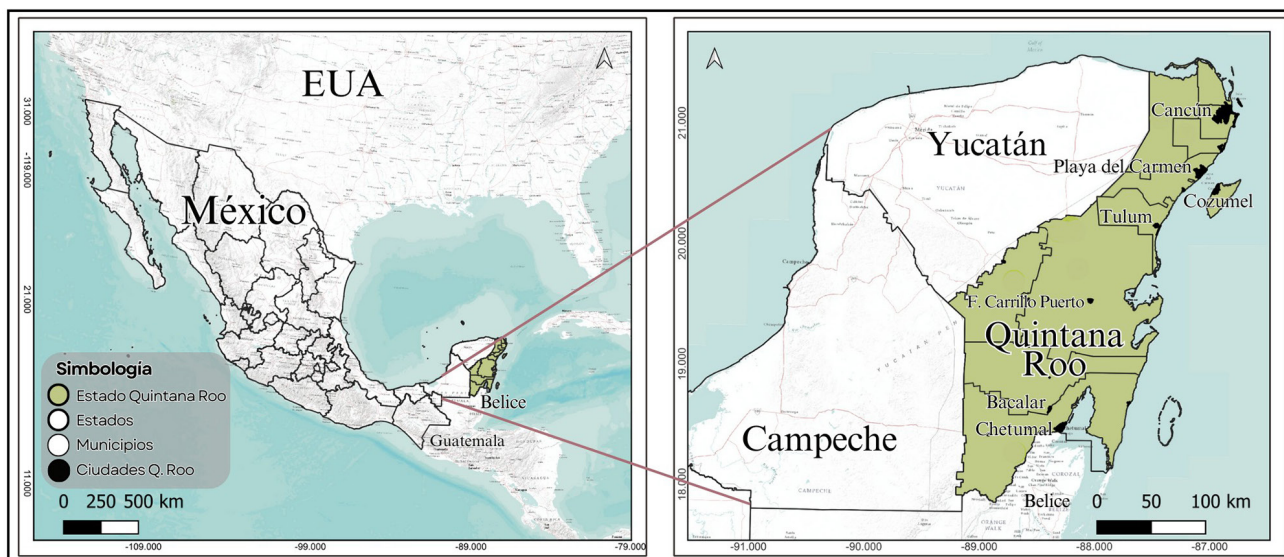
El estudio de la vulnerabilidad social en la región del Caribe mexicano (estado de Quintana Roo, México) es de suma importancia debido a la complejidad de su contexto socioeconómico y ambiental. Este estado, conocido por su desarrollo turístico global que ofrecen ciudades como Cancún, Playa del Carmen, Tulum, Cozumel y Bacalar principalmente, se enfrentan a desafíos significativos que afectan a sus habitantes. En este sentido, se encuentra expuesto a diversas amenazas tanto de origen natural como antrópico. Por ejemplo, la ubicación tropical y costera de la región (Figura 1) la expone a eventos hidrometeorológicos de relevancia y aparición súbita. Entre estos destacan los huracanes¹, tormentas tropicales y lluvias intensas, que generan inundaciones pluviales, fluviales y por marea de tormenta². Estos fenómenos, a su vez, aceleran amenazas geológicas como los procesos de karstificación, hundimientos y erosiones costeras y edáficas, provocando pérdidas en cosechas, afectaciones a viviendas, vialidades e infraestructura y medios de vida deteriorando el bienestar general de la población, la estabilidad socioeconómica y ambiental de la región (Ruiz, 2012; Trejo-Albuerno, 2021).

¹ Algunos huracanes que sobresalen por su devastación en Quintana Roo son: Janet que destruyó la ciudad de Chetumal en 1955; en 1988, el huracán del siglo Gilberto y en 2005 Wilma, que devastaron Cancún y Cozumel, Mitch como el más mortífero en la historia del Atlántico en 1998 y Dean en 2007 (Universidad de Quintana Roo, Centro de Información Geográfica [UQROO-CIG], 2011).

² La marea de tormenta es un aumento del nivel medio del mar en una zona costera. Se es resultado del empuje de la superficie del océano por los vientos provocados por tormentas o ciclones tropicales y que generalmente se combina con un fuerte oleaje (UQROO-CIG, 2011).

No obstante, la región se enfrenta también a otro tipo de fenómenos físicos, biológicos y de vulnerabilidad física y antrópica, donde resalta la intrusión salina en el acuífero de la Península de Yucatán, que es la principal fuente de agua potable para todas las actividades antrópicas. Este fenómeno, aunado al aumento del nivel del mar y eventos climáticos extremos incrementados en magnitud y frecuencia por el cambio climático, pone en riesgo la seguridad hídrica, ya que la salinización del acuífero impacta negativamente la agricultura, la biodiversidad, la salud humana y la sostenibilidad ambiental (Trejo-Albuerne & Canul-Macario, 2024).

Figura 1. Ubicación del estado de Quintana Roo



Elaboración propia

Quintana Roo no solo enfrenta complejos desafíos socioambientales, sino que también alberga una población excepcionalmente diversa, desde comunidades originarias mayas hasta residentes provenientes de diferentes países del mundo. Esta composición demográfica única genera en parte, especialmente en la Riviera Maya (Cancún, Tulum, Playa del Carmen y Cozumel), las tasas de crecimiento urbano más elevadas de México impulsadas por el turismo (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020). Las comunidades indígenas, en particular, enfrentan desafíos únicos relacionados con la pobreza y el acceso a servicios básicos, lo que requiere un enfoque específico en las políticas de desarrollo y asistencia social (Barrera Rojas, 2018; Reyes Maya & Barrera Rojas, 2014). Este crecimiento poblacional ha provocado modificaciones significativas en los cambios de uso del suelo, sin una planificación territorial clara que considere las condiciones geológicas, hidrológicas, climatológicas, ecosistémicas y sociales del estado (Romero Martínez, 2015). Asimismo, estos factores han transformado el paisaje social y cultural de la zona, creando un mosaico de necesidades y perspectivas que añaden capas adicionales de complejidad a la gestión social.

En el estado se concentra el 1,5% de la población nacional, con un total de 1.857.985 habitantes y con una densidad de población estatal de 41,6 hab/km² para el año 2020, en una superficie de 44.705,2 km² representando el 2,3% de México. En cuanto a los aspectos sociales, el 73,5% de sus habitantes se encuentran afiliados a servicios de salud, sin especificar si se trata de servicios públicos o privados³, con un promedio de fecundidad de 1,4% y de mortalidad en nacimientos de 3,3%; el 3,6% de la población presentaba alguna discapacidad. La edad mediana de la población es de 28 años, con una relación de 50,4% hombres y 49,6% de mujeres; el 11,69% era población que hablaba lengua indígena, en su mayoría maya (85,8%); el 3,6% de la población no tenía escolaridad y el 45,8% contaba con escolaridad básica. Del 68,5% de la Población Económicamente Activa (PEA), el 59,7% correspondía a los hombres y el 40,3% a las mujeres (INEGI, 2020). Así, investigaciones en estos contextos son fundamentales para desarrollar estrategias de mitigación y adaptación que fortalezcan la capacidad de afrontamiento de las poblaciones más expuestas ante riesgos socioambientales (Hernández et al., 2018; Navarro et al., 2020).

³ Es la población afiliada a alguna institución que brinda servicios de salud, pública o privada respecto al total de población, expresada por cada cien (INEGI, 2020).

2.2. Diseño y muestra

Este análisis se centra en el desarrollo de IVS para las principales ciudades de Quintana Roo, utilizando un enfoque multidimensional que integra las dimensiones social, económica y habitacional. A través de la construcción del IVS y su representación cartográfica detallada, se busca obtener una comprensión profunda de la vulnerabilidad social a nivel local y con una resolución de manzanas urbanas, identificando patrones y áreas críticas.

Siguiendo el trabajo de Barrenechea et al. (2000), Natenzon et al. (2005), Natenzon & González (2010), Natenzon (2015), Ruiz & Magaña (2022) y Massachesi et al. (2023), este estudio replica y adapta la metodología deductivo-jerárquica con un índice matricial para construir un Índice de Vulnerabilidad Social (IVS), problematizando especialmente los cuatro aspectos señalados en la Introducción (escala geográfica, tipos de valor enfatizado, normalización, cortes y agrupación). En el nivel más amplio, se definieron tres dimensiones principales que representan los aspectos más relevantes de la vulnerabilidad social en el contexto de riesgos socioambientales: *social*, *económico* y de *vivienda*. Estas dimensiones se construyeron a partir de 18 variables del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020), seleccionadas por su capacidad para reflejar condiciones de desventaja estructural y su disponibilidad en fuentes de datos confiables, que dan como resultado variables que manifiestan condiciones específicas, que pueden ser medibles y que proporcionan el marco conceptual general para entender la vulnerabilidad social en el contexto de riesgos socioambientales.

La selección de las 18 variables utilizadas se justifica por su relevancia teórica y práctica en el contexto de riesgos socioambientales, así como por su disponibilidad en fuentes de datos confiables y estandarizados que puedan ser utilizados para hacer inferencias válidas en varias escalas, un aspecto aún limitado en los análisis de vulnerabilidad social, especialmente en el ámbito local. Así, estas variables se agruparon en tres dimensiones principales (social, económica y de vivienda). En este caso, el ejercicio tiene algunos ajustes relacionados con la escala geográfica y con la disponibilidad de información propia de México.

En la dimensión social se incluyen variables como educación, salud y demografía, seleccionadas por su relevancia en la identificación de grupos vulnerables y su relación con la capacidad de respuesta ante riesgos socioambientales. En la dimensión económica, se eligieron variables que reflejan la exclusión económica y la capacidad de las familias para enfrentar situaciones de crisis, como situación de empleo, la educación y las características familiares. Por último, en la dimensión de la vivienda se incluyen variables de servicios básicos como la falta y el acceso a la red pública de agua potable y al servicio de drenaje, ya que, a través de su análisis es posible analizar el impacto directo en la calidad de vida.

Se desarrollaron diez *indicadores*, que son medidas más concretas y observables. En cuanto a los tipos de valor enfatizado para describir la vulnerabilidad, se crearon indicadores tanto en valores absolutos como relativos. Estos incluyeron, por ejemplo, el porcentaje de analfabetismo, la proporción de población en grupos de edad vulnerables y las condiciones de acceso a sistemas de salud para la dimensión social. Para la dimensión de vivienda, se consideraron indicadores como el hacinamiento crítico y el acceso a servicios básicos, mientras que para la dimensión económica se incluyeron indicadores relacionados con la actividad laboral y el nivel educativo del jefe del hogar.

En el nivel más granular de esta jerarquía se encuentran los *reactivos* o *tabulados*, que en este caso corresponden a las preguntas específicas en variables y tabulados predefinidos⁴ de los cuestionarios básico y ampliado del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI (2020). La elección de datos censales se justifica por su accesibilidad, cobertura y periodicidad, permitiendo contar con información estandarizada, de cobertura nacional y con una resolución espacial apropiada (Ruiz & Magaña, 2022). Esto facilita la replicabilidad del estudio y su actualización periódica, aspectos fundamentales para el monitoreo continuo de la vulnerabilidad social, y permite una representación escalaramente homogénea y de alta resolución.

Para el análisis, se realizó una depuración de los datos, eliminando los totales de entidad, municipio, localidad urbana y Área Geoestadística Básica (AGEB) urbana para enfocarse en las manzanas urbanas. Se excluyeron las manzanas sin población y con valores relativos erróneos por recolección de datos en la muestra. Este proceso resultó en una muestra final de 22.125 manzanas viables de las 25.840 manzanas originales,

4 Los tabulados del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI son conjuntos de datos estructurados que presentan información estadística detallada sobre diversos aspectos demográficos, sociales y económicos de la población mexicana. Estos tabulados ofrecen datos agregados a diferentes niveles geográficos, desde entidad federativa hasta manzana urbana. Incluyen variables como población total, grupos de edad, niveles educativos, características de vivienda, acceso a servicios básicos, entre otros. En este estudio, se utilizaron los tabulados a nivel de manzana, que proporcionan el mayor nivel de desagregación espacial disponible, permitiendo un análisis detallado de la vulnerabilidad social en áreas urbanas.

representando una población de 1.673.926 habitantes en localidades urbanas, equivalente al 90,09% de la población total de Quintana Roo (INEGI, 2020). Esta alta representatividad asegura que el estudio abarca la gran mayoría de la población urbana del estado, fortaleciendo la validez y relevancia de los resultados.

2.3. Construcción del Índice de Vulnerabilidad Social (IVS)

La selección de los 18 reactivos o tabulados claves del Censo se fundamenta en investigaciones previas que han evidenciado la importancia de estos factores en el contexto de riesgos y desastres, ya que reflejan aspectos críticos de la vulnerabilidad social. Por ejemplo, Cutter y Morath (2013) subrayan la relevancia de la estructura demográfica, incluyendo el tamaño de la población y la presencia de grupos etarios vulnerables. Asimismo, Natenzon (2015) y Cardoso (2019) ponen de relieve la vulnerabilidad específica que enfrentan niños y ancianos. Por otro lado, el nivel educativo y la alfabetización, representados a través de indicadores como la población analfabeta y aquellos con educación incompleta, se consideran como factores determinantes que afectan la capacidad de acceso a información y recursos durante situaciones de emergencia.

La situación laboral y económica, reflejada en tabulados sobre población no económicamente activa y desocupada, es destacada por Cutter y Morath (2013) como un determinante clave de la recuperación ante desastres. Diversos trabajos como Mah et al. (2023) y Jones y Audrey (2007) subrayan la importancia de las condiciones de vivienda, el acceso a servicios básicos, y el acceso a los servicios de salud, aspectos capturados por tabulados en la reducción de la vulnerabilidad. La estructura familiar, representada por tabulados sobre el estado civil, es considerada por Natenzon (2015) como un factor que influye en los recursos y redes de apoyo disponibles en situaciones de emergencia. La Tabla 2 muestra los tabulados utilizados en la construcción de la matriz para generar el IVS.

Tabla 2. Tabulados del IVS para las ciudades de Quintana Roo

Tabulados INEGI (2020)	Clave
Población total	POBTOT
Población de 0 a 14 años	POB0_14
Población de más de 65 años	POB65_MAS
Población de 8 a 14 años que no sabe leer y escribir	P8A14AN
Población de 15 años y más analfabeta	P15YM_AN
Población de 15 años y más con secundaria incompleta	P15SEC_IN
Población de 12 años y más no económicamente activa	PE_INAC
Población de 12 años y más desocupada	PDESOCUP
Población afiliada a servicios de salud	PDER_SS
Población de 12 años y más soltera o nunca unida	P12YM_SOLT
Población de 12 años y más que estuvo casada o unida	P12YM_SEPA
Total de hogares censales	TOTHOG
Total de viviendas particulares habitadas	TVIVPARHAB
Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	VPH_AGUAFV
Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	VPH_NODREN
Población mayor a 12 años	P_12YMAS
Población en hogares censales	POBHOG
Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas	PRO_OCUP_C

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020. Elaboración propia

La construcción de los indicadores se realizó mediante una matriz, que permitió calcular tanto valores absolutos (número de casos) como relativos (porcentajes) para cada indicador sobre el total de la unidad territorial considerada. Este enfoque dual proporciona una perspectiva más completa de la vulnerabilidad

social, considerando tanto la magnitud como la proporción de las condiciones de vulnerabilidad. Para categorizar los datos de manera significativa, se emplearon dos métodos distintos: para los valores absolutos, se utilizaron quintiles, mientras que para los valores relativos se aplicaron cortes naturales (Jenks). Es posible observar en la Tabla 3 la construcción de la matriz anteriormente mencionada (Natenzon, 2015; Ruiz & Magaña, 2022). Posteriormente se consolidaron las categorizaciones y se calcularon los valores finales del IVS. Esta configuración es la que permite una mejor combinación de cortes para observar a detalle la vulnerabilidad en esta resolución.

Tabla 3. Construcción de la matriz para generar el IVS para las ciudades de Quintana Roo

IVS Absoluto	IVS Relativo	Indicadores	Dimensiones
P8A14AN+P15YM_AN	POBTOT-IVS Absoluto = (Sí saben leer); IVS Absoluto/Sí saben leer	Analfabetismo	IVS Condiciones Sociales
POB0_14	POB0_14/POBTOT	Población dependiente 0-14 años	
POB65_MAS	POB65_MAS/POBTOT	Población dependiente mayor a 65 años	
POBTOT-PDER_SS	IVS Absoluto/POBTOT	Sin acceso servicios de salud	
Suma de más de 4 ocupantes de vivienda particular	IVS Absoluto/TVIVPARHAB	Hacinamiento Crítico	IVS Condiciones Habitacionales
VPH_AGUAFV	VPH_AGUAFV/TVIVPARHAB	Sin disponibilidad de agua segura	
VPH_NODREN	VPH_NODREN/TVIVPARHAB	Viviendas sin disponibilidad de saneamiento básico	
PDESOCUP + PE_INAC	PE_INAC+PDESOCUP/P_12YMAS	Condición de actividad desventajosa	IVS Condiciones Económicas
P15SEC_IN	P15SEC_IN/TOTHOOG	Nivel educativo del jefe del hogar	
P12YM_SOLT + P12YM_SEPA	IVS Absoluto/TOTHOOG	Hogares sin cónyuge	

Elaboración propia

El análisis espacial y la cartografía se realizaron utilizando ArcGIS, permitiendo la visualización detallada de la distribución espacial de los resultados finales clasificados en cinco categorías normalizadas: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo. Del mismo modo, se aplicó una simbología de tipo semáforo para representar los niveles de vulnerabilidad, facilitando una lectura típicamente utilizada en la cartografía que expresa una variable ordinal con rangos de positivo a negativo. Se generaron mapas individuales para cada ciudad de la región de estudio y para cada dimensión del IVS. Un aspecto innovador del análisis fue la creación de cartografía bivariada, combinando los valores absolutos y relativos del IVS. Esta técnica permite visualizar simultáneamente dos variables, ofreciendo una comprensión más profunda de la vulnerabilidad social al mostrar tanto la intensidad como la proporción de la vulnerabilidad en cada área.

3. Resultados: Índices de Vulnerabilidad Social y su representación cartográfica

A continuación, y dentro de una investigación con un contexto más amplio, se presentan algunos ejemplos y síntesis de los principales resultados del análisis cartográfico por manzana de las cuatro variantes del IVS, aplicados en las 7 ciudades de Quintana Roo, mismas que concentran más del 90% de la población del estado: Cancún (Figura 2), Playa del Carmen (Figura 3), Tulum (Figura 4), Cozumel (Figura 5), Bacalar (Figura 6), Chetumal (Figura 7) y Felipe Carrillo Puerto (Figura 8). La representación visual de los resultados, además de

permitir un análisis comparativo, ofrece una perspectiva clara de la distribución espacial de la vulnerabilidad en cada área urbana. Para un análisis más puntual, también se generaron los valores absolutos y relativos de cada uno de los indicadores que componen el IVS⁵. Para ampliar la comprensión de las diferentes facetas de la vulnerabilidad social, en función de las tres dimensiones clave (social, económica y habitacional), se realizó de igual manera, el análisis cartográfico tanto absoluto como relativo por ciudad de cada una de las dimensiones mencionadas.

El análisis cartográfico reveló que en las siete ciudades estudiadas la vulnerabilidad social se concentra principalmente en las zonas urbanas densamente pobladas, con patrones específicos que se repiten en varios de los indicadores y dimensiones analizados y que presentamos a continuación (Figuras 2 a 8):

El *Índice de Vulnerabilidad Social Bivariado*, integró pares de variables, resultando un análisis de las interacciones que incrementan la vulnerabilidad. Al respecto, cobra relevancia el caso de Cancún, la ciudad más poblada del estado, en donde se observa puntualmente la información desagregada de cada manzana permitiendo hacer un análisis detallado en espacios urbanos especialmente complejos. Por ejemplo, en las zonas altamente densificadas de las denominadas *Manzanas 73 y Manzana 75*, es posible distinguir los niveles de vulnerabilidad social entre 25 categorías y no únicamente en 5, como en el ejercicio del IVS Absoluto (Figura 2).

Para el *Índice de Vulnerabilidad Social Absoluto*, donde generalmente se localizan las vulnerabilidades más altas, resalta el caso de estudio de Bacalar, el municipio que menos población tiene dentro del universo analizado, con 41.754 habitantes, con una densidad poblacional menor de 6,9 comparada con la tasa estatal de 41,6 hab/km². Sin embargo, cuenta con una vulnerabilidad alta respecto al hacinamiento crítico y el acceso a servicios de salud. En cuanto a la disponibilidad de servicios de la vivienda, destaca que solamente el 49,8% de las viviendas, tiene acceso a agua potable entubada (Figura 6) (INEGI, 2020).

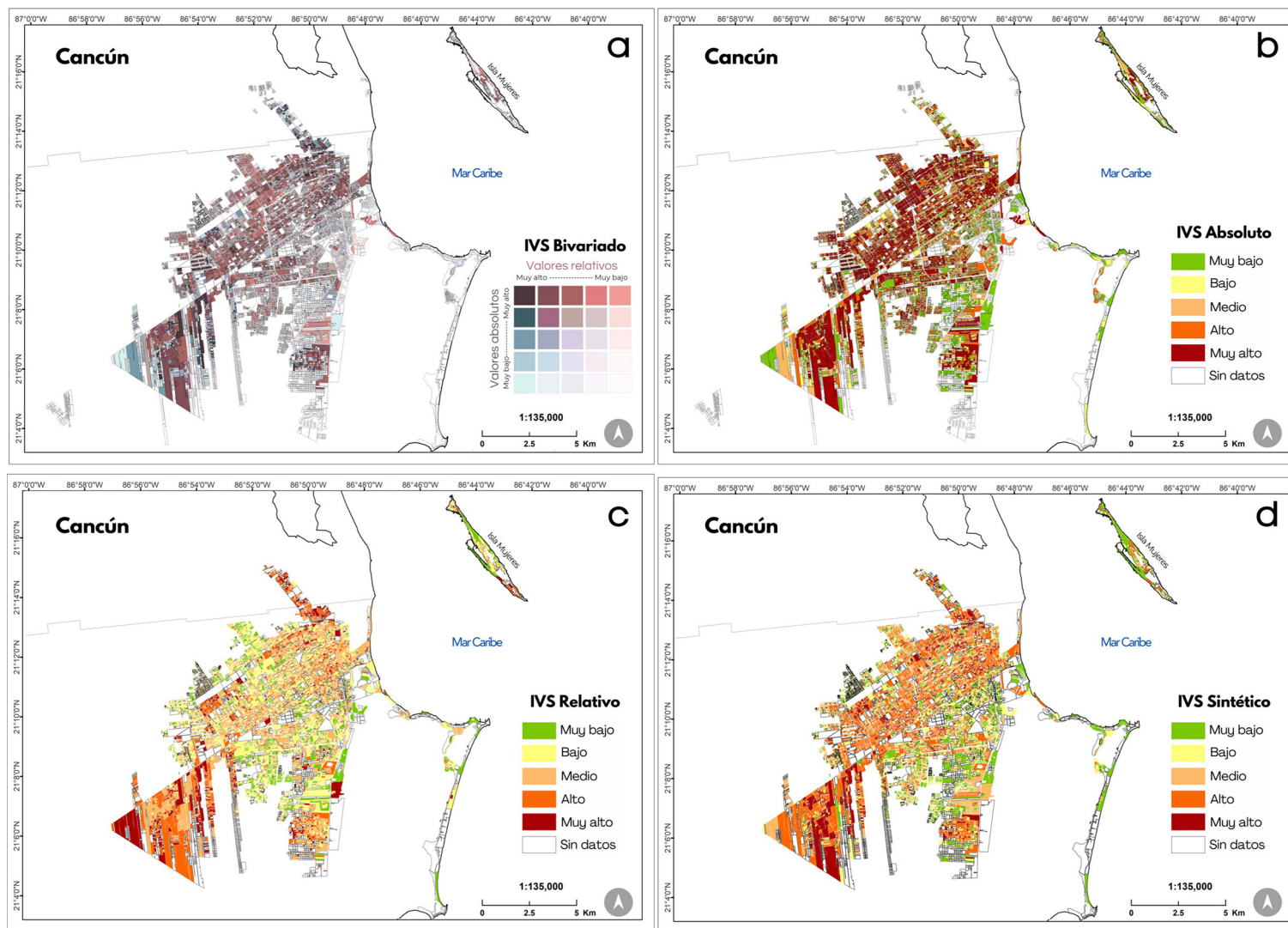
Los resultados para el *Índice de Vulnerabilidad Social Relativo* basados en proporciones o porcentajes en relación con el total de la población permiten diferenciar cuán vulnerable es una región comparada con otras, destacando diferencias relativas entre las áreas estudiadas. Resalta Playa del Carmen (Figura 3), ubicada en el municipio de Solidaridad, es la segunda ciudad más poblada de la región con 304.942 habitantes y cuya edad media es de 28 años. Asimismo, se estima que hay un promedio de 3 personas por vivienda y 1,2 ocupantes por cuarto, destacando en valores relativos el hacinamiento crítico en colonias como Cristo Rey y Ejidal, principalmente. También destacan la concentración de hogares monoparentales, la población de 0 a 14 años y la falta de acceso a los servicios públicos de salud, ya que únicamente el 69% de la población cuenta con alguna afiliación a servicios de salud públicos o privados.

Finalmente, el *Índice de Vulnerabilidad Social Sintético* permite establecer un valor medio entre el número absoluto y el porcentaje de personas u hogares dentro de un mismo territorio. A través de esta perspectiva integrada, combinando ambos enfoques para una comprensión más global y contextual, destaca el caso de Chetumal (Figura 7), donde es posible observar los valores medios de vulnerabilidad distribuidos en las colonias de más reciente creación como las Américas, Pacto Obrero Campesino y El Caribe principalmente, así como otras colonias ya establecidas con anterioridad como Reforma, Proterritorio y la Colonia Aarón Merino Fernández entre otras.

Este caso es relevante, ya que es la ciudad capital estatal dentro del municipio de Othón P. Blanco, es la ciudad frontera con Belice y cuenta con el 12,6% de la población estatal de 169.028 habitantes en Chetumal, 5.551 en Calderitas y 3.699 en Nicolás Bravo, principalmente. El 4,8% de habitantes presentaba alguna discapacidad, el 79% estaba afiliada a algún servicio de salud. El 5,51% hablaba alguna lengua indígena, el 3,7% se consideraba afromexicana negra o afrodescendiente. En contraste con la PEA (64,5%) y la población que no laboraba, el 40,2% eran estudiantes, el 38,9% personas que se dedicaban a los quehaceres del hogar y el 10,6% se encontraban jubilados o pensionados. En cuanto a la educación, el 45,2% contaba con educación básica, el 25,3% media superior y el 24,6% con educación superior.

5 Índices Absolutos y Relativos: analfabetismo, población de 0 a 14 años, población de más de 65 años, acceso a servicios de salud, hacinamiento crítico, acceso a agua potable, viviendas con drenaje, actividades desventajosas, nivel educativo del jefe del hogar y hogares monoparentales.

Figura 2. Índices de Vulnerabilidad Social de Cancún



Fuente: datos de INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020. Elaboración propia

Figura 3. Índices de Vulnerabilidad Social de Playa del Carmen



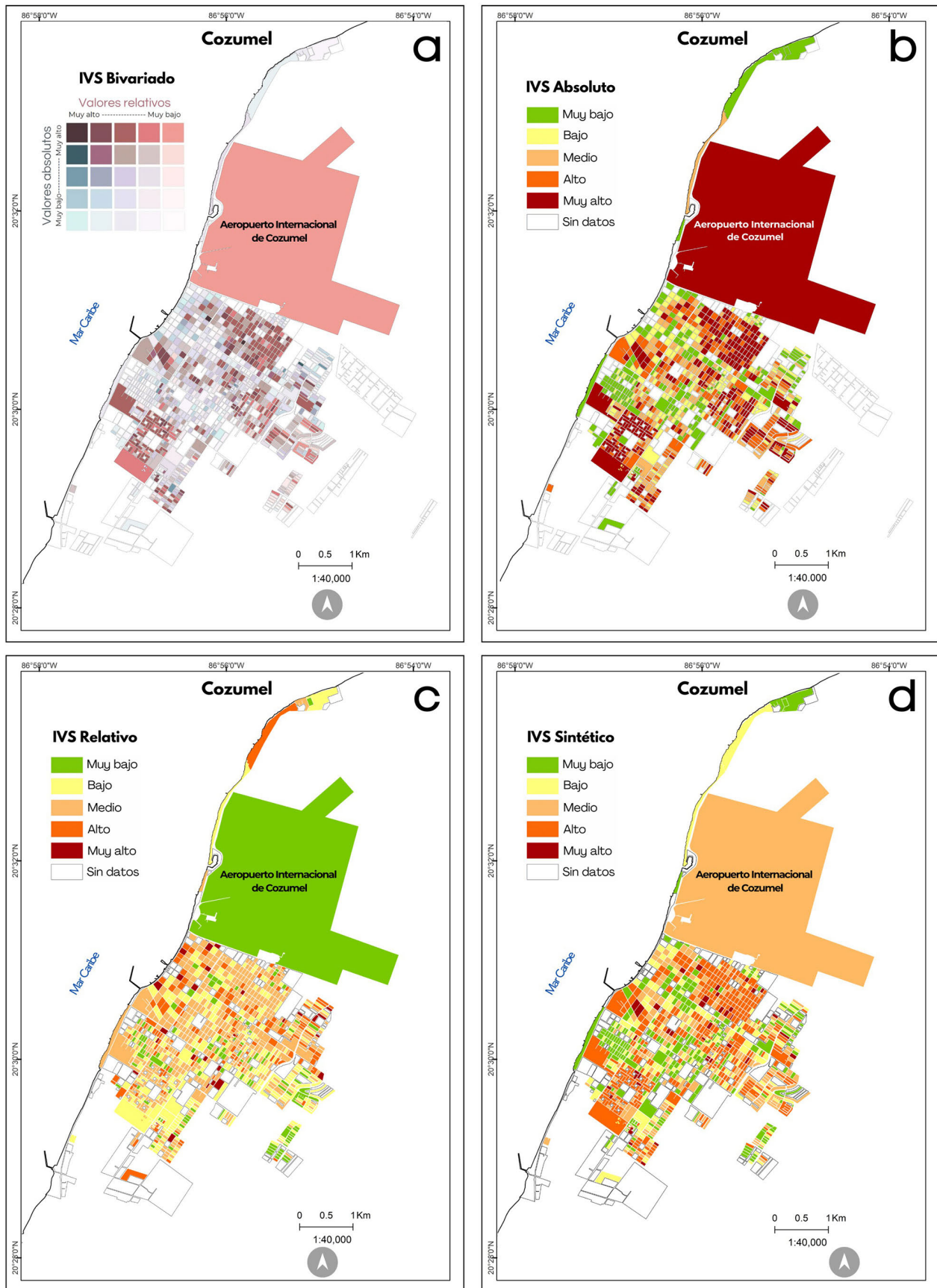
Fuente: datos de INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020. Elaboración propia

Figura 4. Índices de Vulnerabilidad Social de Tulum



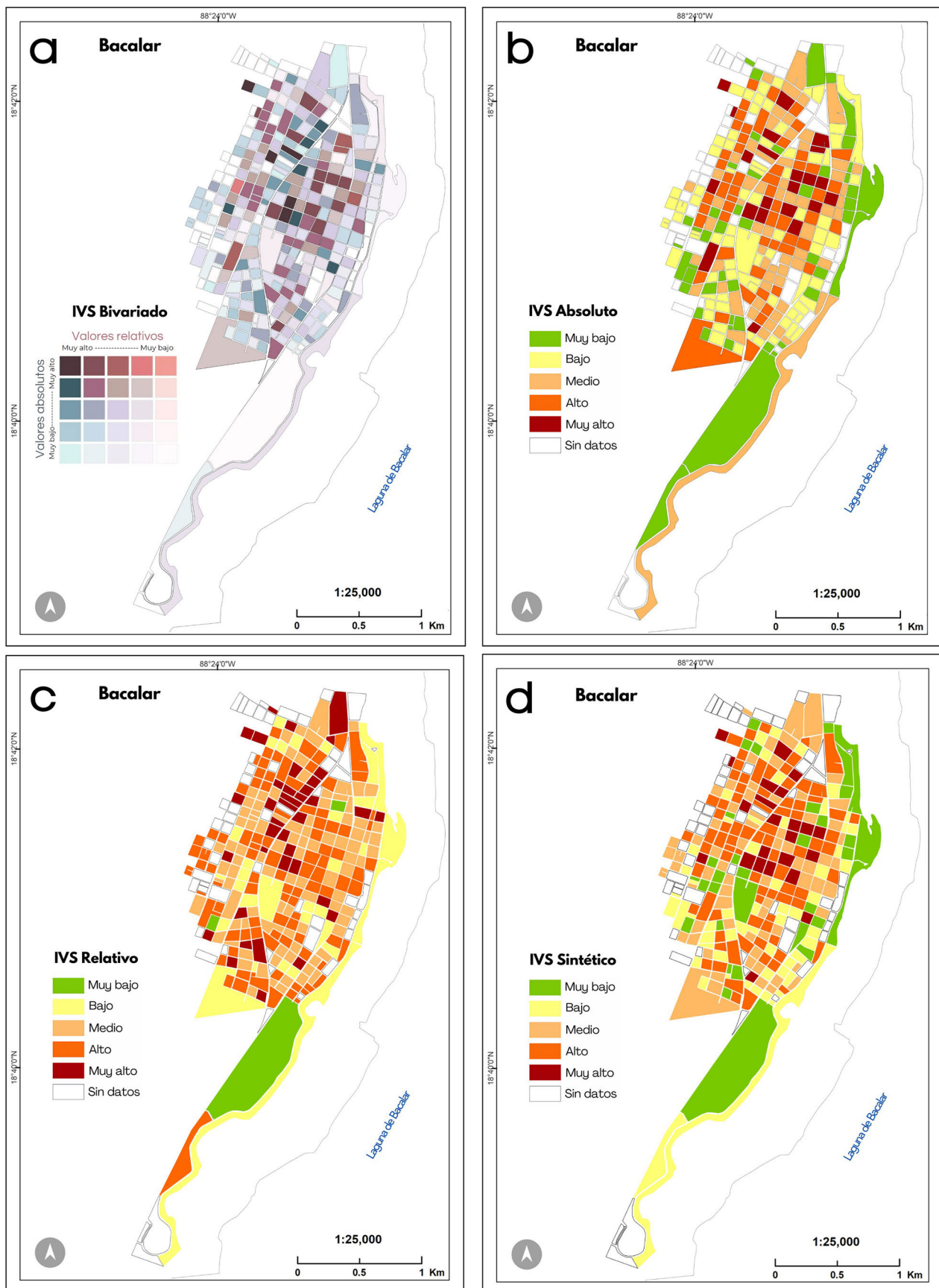
Fuente: datos de INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020. Elaboración propia

Figura 5. Índices de Vulnerabilidad Social de Cozumel



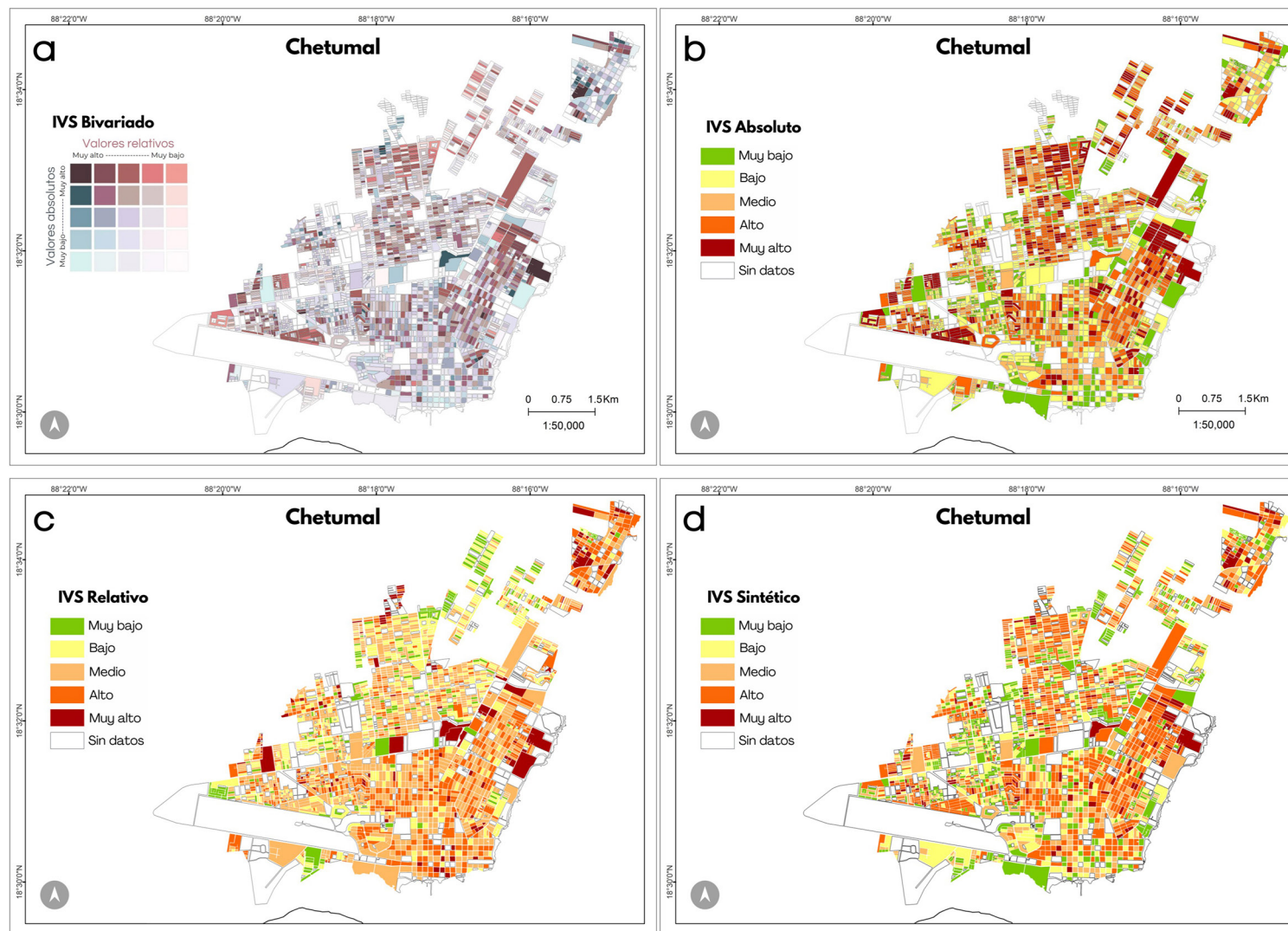
Fuente: datos de INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020. Elaboración propia

Figura 6. Índices de Vulnerabilidad Social de Bacalar



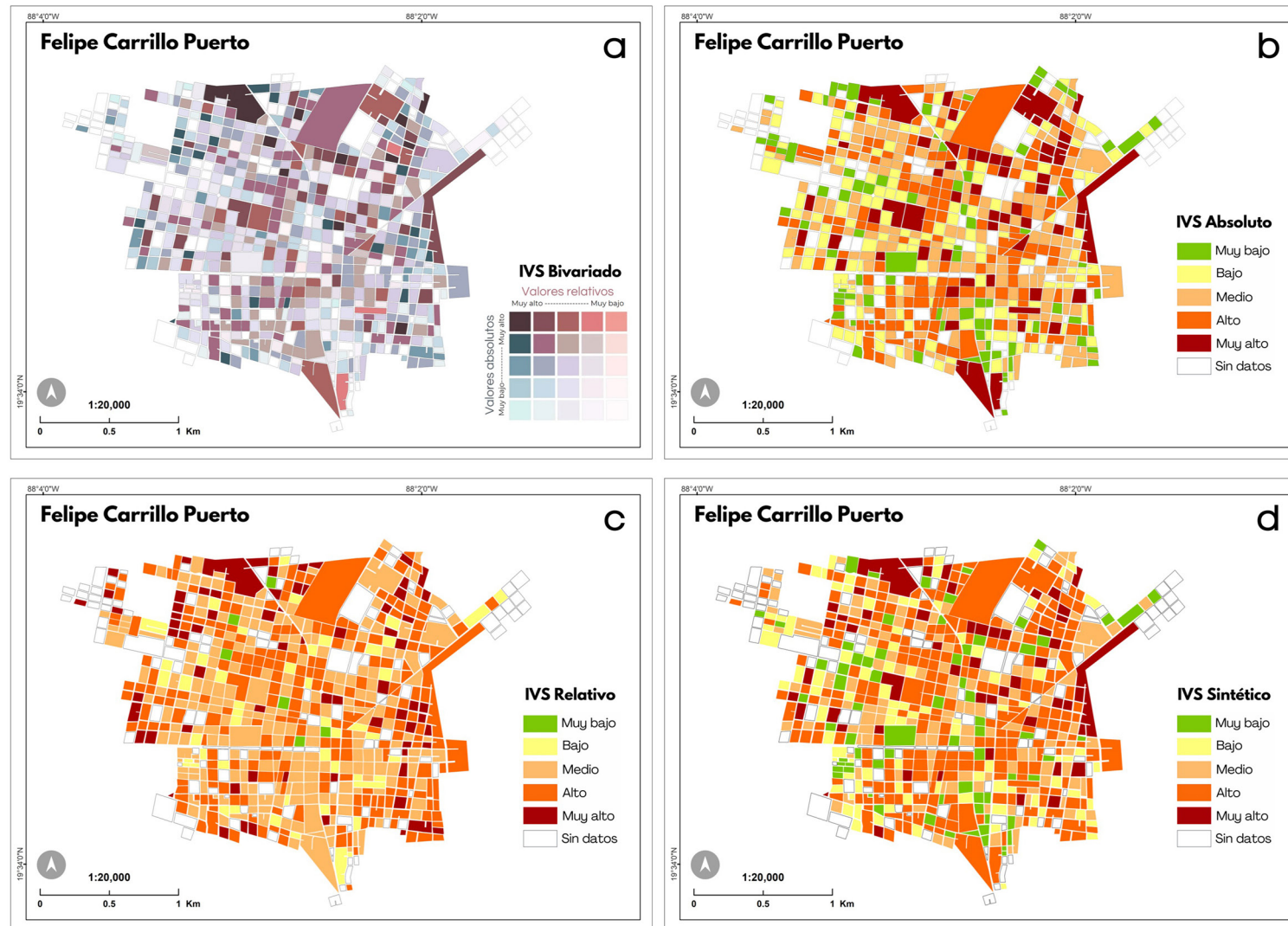
Fuente: datos de INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020. Elaboración propia

Figura 7. Índices de Vulnerabilidad Social de Chetumal



Fuente: datos de INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020. Elaboración propia

Figura 8. Índices de Vulnerabilidad Social de Felipe Carrillo Puerto



Fuente: datos de INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020. Elaboración propia

4. Discusión de resultados

A través del análisis de la metodología deductivo-jerárquica con un índice matricial, adaptada con la escala y resolución geográfica y la disponibilidad de información aplicada en las siete ciudades de Quintana Roo, fue posible identificar patrones territoriales complejos y de distribución poblacional variable. Como era de esperarse, la vulnerabilidad social se concentra en zonas densamente pobladas, particularmente en áreas periféricas, barrios marginados y asentamientos irregulares. Sin embargo, aunque este patrón se observa consistentemente a través de las cuatro variantes del IVS (absoluto, relativo, sintético y bivariado), el uso de índices de alta resolución proporciona una perspectiva integral sobre las dinámicas que subyacen a la vulnerabilidad en estas ciudades, lo que permite comprender mejor las condiciones territoriales que generan y exacerban los riesgos socioambientales.

Los hallazgos clave del estudio revelan que, de los diez indicadores desarrollados y dentro de los componentes de la vulnerabilidad, ciertos factores mostraron consistentemente un mayor impacto en los resultados en todo el estado. Destacaron el bajo nivel educativo del jefe de hogar, la alta proporción de niños (0-14 años) en los hogares, la falta de acceso a servicios de salud, y la carencia de servicios básicos (agua potable, drenaje, vivienda adecuada). Estos factores reflejan cómo la educación, la salud y las condiciones de vida influyen directamente en la capacidad de la población para enfrentar a los riesgos socioambientales.

Desde una perspectiva teórica, los resultados se alinean con el enfoque de vulnerabilidad como un fenómeno sistémico (Natenzon, 2015; Ruiz, 2012), donde las condiciones de desventaja estructural interactúan con los procesos socioeconómicos y ambientales, exacerbando los impactos posibles ante los riesgos socioambientales. Por ejemplo, el bajo nivel educativo del jefe del hogar no sólo limita las condiciones económicas familiares, sino que también reduce la capacidad para acceder a la información y recursos en situaciones de crisis, tal como lo señala Cutter y Morath (2013). La alta proporción de menores en hogares y la falta de acceso a servicios de salud, resaltan la importancia de considerar las dimensiones demográficas y de salud en el análisis de la vulnerabilidad como menciona Natenson (2015). Estos factores no solo reflejan condiciones de desventaja actuales, sino que también tienen implicaciones y consecuencias a largo plazo al limitar el desarrollo humano.

En este sentido, los resultados pueden orientar el diseño de políticas públicas específicas, como programas de alfabetización y capacitación laboral para adultos, la expansión de la cobertura de servicios de salud en áreas marginadas y la inversión en infraestructura básica en las zonas identificadas como más vulnerables. Estas intervenciones focalizadas, definidas a partir de este tipo de evidencia, pueden elevar la calidad de vida de la población y aumentar la capacidad de afrontamiento ante distintos tipos de riesgos socioambientales crónicos y agudos.

El análisis multiescalar revela disparidades significativas entre las ciudades del estado, reflejando las diferencias en sus actividades económicas predominantes. Las ciudades del norte en la región denominada Riviera Maya (Cancún, Tulum, Playa del Carmen y Cozumel) muestran un marcado desarrollo e infraestructura turística. En contraste, las ciudades del centro y sur del estado, como Chetumal y Felipe Carrillo Puerto, que tienen un origen más antiguo, distinto a los procesos de expansión asociados a las dinámicas turísticas, cuentan con una distribución más homogénea de la vulnerabilidad, aunque con niveles altos en áreas específicas. Estas diferencias reflejan las dinámicas económicas y urbanas en la vulnerabilidad social que se encuentra más relacionada con factores históricos y socioeconómicos como la pobreza y la marginación.

Sin embargo, al examinar estas disparidades a una escala más detallada dentro de las propias ciudades turísticas, se observa una mayor disparidad y distribución de la vulnerabilidad social, tanto en valores absolutos como relativos. La localización geográfica muestra una relación significativa con la vulnerabilidad social, particularmente en las áreas costeras y turísticas. En estas zonas, se presenta una correlación positiva con la vulnerabilidad debido al interés comercial y altos costos de vida. Estas desigualdades territoriales se ven agravadas por factores como el crecimiento demográfico acelerado, la inmigración, y la expansión urbana no planificada. Estos elementos contribuyen a la formación de asentamientos irregulares y al aumento de la presión sobre los recursos e infraestructuras existentes aumentando su susceptibilidad ante eventos asociados a los riesgos socioambientales.

El análisis comparativo de las diferentes ciudades revela patrones específicos de vulnerabilidad. En Bacalar, el IVS Absoluto destaca la alta vulnerabilidad en la dimensión social, a pesar de su menor densidad poblacional, debido al hacinamiento crítico y la limitada accesibilidad a servicios de salud. Playa del Carmen, en la variante relativa, sobresale en las dimensiones sociales y económicas, especialmente en colonias de

reciente aparición con alta inmigración, reflejando problemas de hacinamiento, hogares monoparentales y acceso limitado a servicios de salud. Chetumal, analizado con la variante sintética, presenta valores medios de vulnerabilidad en colonias tanto de reciente creación como ya establecidas, destacando las disparidades incluso dentro de una misma ciudad en las dimensiones sociales y de vivienda. Cancún, examinado desde la variante bivariada, muestra la complejidad de la vulnerabilidad en zonas densamente pobladas, identificando interacciones entre variables que exacerban la vulnerabilidad.

Los datos demográficos analizados revelan patrones importantes en la composición de la población vulnerable. Para el año 2020, Quintana Roo experimentó un crecimiento poblacional que fue tres veces superior al promedio nacional, que se situaba en 1,2% (INEGI, 2020). En el municipio de Solidaridad, donde se encuentra Playa del Carmen, registró la tasa más alta de crecimiento con un notable 7,9%, seguida por Tulum con un 5,3%. Sin embargo, para el mismo año, este aumento poblacional y el proceso de urbanización también tuvo repercusiones negativas, ya que se incrementaron los niveles de pobreza en general con el 44,8% de la población estatal; el 35,3% de los habitantes presentaban una pobreza moderada y el 9,5% de pobreza extrema. Lo anterior, sumado también al aumento de la vulnerabilidad por carencias sociales entre la población situada en el 26,1% (Sistema de Información Social Georreferenciada [SISGE], 2023; Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL], 2020). Además, se prevé que para el año 2050, la población de la región y la brecha de desigualdad aumenten en más del 64% en comparación con los niveles de 2020 (INEGI, 2020; CONEVAL, 2020). Este panorama sugiere que la rápida expansión poblacional y la desigualdad social son tendencias significativas que requieren atención y estrategias efectivas para mitigar sus efectos a largo plazo, en un contexto donde la vulnerabilidad social se manifiesta de formas diversas y complejas.

En este sentido, Playa del Carmen enfrenta serios retos relacionados con la vulnerabilidad social, especialmente en colonias de nueva creación provocadas por las altas tasas de inmigración y la presión de acceso a viviendas asequibles como en las colonias Colosio, Zazil-Ha, Ejidal y 28 de Julio donde se presentan los niveles más altos de vulnerabilidad en las dimensiones sociales y económicas absolutas. Los factores que contribuyen a esta vulnerabilidad incluyen el bajo nivel educativo del jefe del hogar, la proporción de niños de 0 a 14 años y que la población no cuenta con acceso a servicios de salud. Así, en el mapa bivariado resalta una zona de densamente poblada ubicada entre las avenidas Benito Juárez, Lilis y Constituyentes y donde prevalecen los niveles de vulnerabilidad más altos en todos los análisis realizados, especialmente en lo que respecta a los indicadores de acceso al agua potable, drenaje, analfabetismo y desempleo, por lo que las personas que viven en estos espacios requieren de una atención integral en términos de una mejora en cuestiones de calidad de vida para sus habitantes.

Los resultados territorializados de vulnerabilidad social pueden utilizarse para futuros análisis de riesgos, considerando todos los factores potencialmente involucrados. La aplicación de los IVS en el contexto de Quintana Roo también pone de manifiesto la necesidad de considerar las interacciones entre la vulnerabilidad social y los riesgos socioambientales específicos de la región. Por ejemplo, la exposición ante amenazas específicas por su ubicación como huracanes, ciclones tropicales, lluvias intensas, karstificación, intrusión salina y la erosión costera entre otros, exige su integración en cualquier evaluación de vulnerabilidad para comprender realmente la complejidad de los entornos y expuestos, especialmente en zonas densamente pobladas que presentan desventajas sociales estructurales.

5. Conclusiones

Este artículo presenta la adaptación de un método de integración matricial de variables de vulnerabilidad social, adoptando un Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) que retoma los principales factores propuestos por la literatura académica, de manera que los alcances y limitaciones de su construcción sean transparentes. Este índice, aplicado a siete ciudades de Quintana Roo, México, fue diseñado para la identificación y visualización de patrones espaciales de vulnerabilidad a una escala de manzana urbana. Contribuye a la literatura sobre las metodologías existentes para el análisis territorial de la vulnerabilidad asociada a riesgos socioambientales, aportando una revisión crítica del proceso de selección y construcción de indicadores en una escala caracterizada por una alta resolución.

La metodología empleada, que incluye cuatro variantes del IVS (bivariado, absoluto, relativo y sintético), ha permitido mostrar diferentes alternativas de visualización de la distribución de la vulnerabilidad social, desde los mapas más simples basados en la representación de variables absolutas de un rasgo de desventaja, hasta los mapas compuestos por dos variables, que proporcionan información muy detallada sobre los

componentes de la vulnerabilidad y su intensidad en una unidad territorial determinada. En cuanto al caso de estudio, este enfoque multidimensional ha revelado disparidades significativas tanto entre las ciudades turísticas del norte y las del sur y centro de la región del Caribe mexicano, como dentro de las mismas ciudades, destacando áreas críticas que requieren atención prioritaria. Se ha observado que la vulnerabilidad social tiende a concentrarse en zonas densamente pobladas, especialmente en áreas periféricas, en las que el bajo nivel educativo del jefe de hogar, la alta proporción de niños y la falta de acceso a servicios básicos y de salud son los factores determinantes de los altos niveles del índice.

La metodología utilizada tiene un alto potencial de replicabilidad y accesibilidad de la información que requiere, ya que se basa en datos censales estandarizados y disponibles. Asimismo, permite ver cómo ajustar y adaptar las dimensiones de análisis, la información y los índices, de manera que puedan ser ajustados apropiadamente al contexto específico que se desea entender, algo que la mayoría de los índices de naturaleza deductiva no problematizan de forma específica (Painter et al., 2024). Este enfoque permite ajustar la resolución espacial de manera óptima, lo que garantiza inferencias espaciales precisas y sólidamente fundamentadas.

La bondad de la normalización de las variables permite sintetizar indicadores de diversos tipos y fuentes en un mismo plano, estableciendo rangos claros para jerarquizar la vulnerabilidad. Así, con los cortes y agrupación de los datos, ayuda a considerar apropiadamente la distribución de los valores, en especial cuando la distribución es asimétrica o dispersa. Este enfoque, podría ser utilizado en el futuro para generar nuevas versiones de este tipo de índices al incorporar dimensiones adicionales que estén disponibles a través de instrumentos estadísticos, tales como el uso de tecnologías de la información, la disponibilidad de productos financieros, o las características del entorno urbano inmediato. Estas incorporaciones permitirían entender mejor la vulnerabilidad en contextos culturales o económicos específicos, escenarios de cambio climático, frente a diferentes tipos de riesgos socioambientales y su aplicabilidad en la planificación urbana y gestión de riesgos.

No obstante, es importante reconocer las limitaciones del estudio. La precisión del índice puede verse afectada por la disponibilidad, resolución y calidad de los datos, lo cual puede afectar la generalización de los resultados. Además, el enfoque principalmente urbano del estudio lleva a revisar su aplicabilidad en contextos rurales. En ese sentido, el artículo se basa en la idea de que la vulnerabilidad es una valoración de realidades específicas que se dan en un tiempo y espacio geográfico concretos, por lo cual se requieren métodos flexibles para medir esas condiciones singulares, altamente dependientes del contexto social, pero a partir una estrategia sólida y coherente.

En este sentido, el estudio se basa en datos censales estandarizados y de alta resolución espacial, es importante reconocer que existen sesgos potenciales que podrían afectar los resultados. En este sentido, utilizar únicamente datos del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020), limita el análisis a variables cuantitativas, dejando de lado aspectos cualitativos como las percepciones de la población o de apoyo comunitario que, también influyen en la vulnerabilidad social (Ruiz 2012). La temporalidad de los datos puede ser una limitación, ya que el censo refleja un momento específico que no toma en cuenta dinámicas súbitas y cambiantes, como migraciones recientes, fluctuaciones económicas o la pandemia por Covid-19. La selección de variables se basó en su disponibilidad en el Censo, lo que podría excluir factores relevantes como la exposición a riesgos climáticos específicos o la accesibilidad a servicios de emergencia entre otros.

En este caso, el índice desarrollado, con su enfoque multidimensional y su resolución espacial a nivel de manzana urbana, permitió una identificación mucho más precisa de las áreas de mayor vulnerabilidad social en las áreas urbanas sujetas al rápido desarrollo turístico y crecimiento poblacional como sucede en el estado. Sin embargo, esperamos haber contribuido también a generar una reflexión metodológica sobre la propia construcción de estos índices y su uso en la cartografía urbana.

Contribución de autoría

Aportaciones al artículo por autores:

- Conceptualización: idea y diseño del estudio. Adriana Lucía Trejo Albuerne y Naxhelli Ruiz Rivera.
- Curación de datos: organización, gestión y mantenimiento de datos. Adriana Lucía Trejo Albuerne.
- Análisis formal: aplicación de técnicas estadísticas o matemáticas. Adriana Lucía Trejo Albuerne.
- Adquisición de fondos: obtención de financiamiento para el estudio. Adriana Lucía Trejo Albuerne.
- Investigación: realización de experimentos o recopilación de datos. Adriana Lucía Trejo Albuerne.

- Metodología: desarrollo y diseño de los métodos utilizados. Naxhelli Ruiz Rivera.
- Administración del proyecto: supervisión y coordinación del estudio. Adriana Lucía Trejo Albuerne.
- Recursos: suministro de materiales, herramientas o datos. Adriana Lucía Trejo Albuerne.
- Software: desarrollo o programación de herramientas informáticas. Adriana Lucía Trejo Albuerne.
- Supervisión: dirección y liderazgo en el estudio. Adriana Lucía Trejo Albuerne y Naxhelli Ruiz Rivera.
- Validación: verificación de la reproducibilidad de los resultados. Adriana Lucía Trejo Albuerne y Naxhelli Ruiz Rivera.
- Visualización: creación de gráficos o figuras. Adriana Lucía Trejo Albuerne y Naxhelli Ruiz Rivera.
- Redacción – borrador original: redacción inicial del manuscrito. Adriana Lucía Trejo Albuerne y Naxhelli Ruiz Rivera.
- Redacción – revisión y edición: revisión crítica y ajustes al texto. Adriana Lucía Trejo Albuerne y Naxhelli Ruiz Rivera.

Este artículo cumple con los criterios de autoría de *Investigaciones Geográficas*, que requieren aportaciones intelectuales sustanciales. Ambas autoras participaron de manera colaborativa en la propuesta conceptual del artículo, la supervisión, validación, visualización, administración del proyecto, redacción original, comprobación de resultados, la creación de cuadros y edición del manuscrito. Trejo Albuerne realizó la curación de datos, el análisis formal, adquisición de fondos, investigación, el análisis formal, el uso del Sistema de Información Geográfica y el diseño cartográfico. Por su parte, Ruiz Rivera propone el uso metodológico desarrollado aunado al desarrollo del marco teórico del artículo. Las autoras aprobaron la versión final y asumen la responsabilidad compartida por la integridad del trabajo.

Financiación

Beca posdoctoral 2022-2024, de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Agradecimientos

Se agradece a la UNAM-DGAPA por el apoyo a través de la Beca Posdoctoral 2022-2024 en el Instituto de Geografía a la Dra. Naxhelli Ruiz Rivera por el asesoramiento y sus valiosas contribuciones. Asimismo, al servicio del Laboratorio de Microdatos del INEGI, la Dra. Natalia Volkow y su equipo de trabajo.

De acuerdo con las directrices del Laboratorio de Microdatos del INEGI, las conclusiones y opiniones expresadas en este proyecto de investigación son responsabilidad de las autoras y no forman parte de las estadísticas oficiales del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica ni del “INEGI”. Los datos utilizados para esta investigación deben ser solicitados al SNIEG a través del Laboratorio de Microdatos del INEGI de acuerdo con los términos y condiciones establecidos.

Referencias

- Auyero, J., & Swistun, D. A. (2008). *Inflamable: Estudio del sufrimiento ambiental* (11. ed). Paidós.
- Barrenechea, J., Gentile, E., González, S., & Natenzon, C. (2000). Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría social del riesgo. In *IV Jornadas de Sociología*.
- Barrera Rojas, M. A. (2018). Pobreza extrema de mujeres indígenas en México. Estudio de caso para la Zona Maya de Quintana Roo. *Ciencia E Interculturalidad*, 22(1), 89–105. <https://doi.org/10.5377/rci.v22i1.6559>
- Birkmann, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards*, 7(1), 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.04.002>
- Brewer, C. A. (2006). Basic Mapping Principles for Visualizing Cancer Data Using Geographic Information Systems (GIS). *American Journal of Preventive Medicine*, 30(2), S25–S36. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2005.09.007>
- Cardoso, M. (2019). Estudio de la vulnerabilidad y la resiliencia en la ciudad de Santa Fe, Argentina: el rol de los servicios urbanos en general y del transporte de pasajeros en particular. *Revista de Geografía Norte Grande*, (73), 133–159. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022019000200133>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2020). *Medición de la pobreza*. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Hacia_la_medicion_de_pobreza_2020.aspx
- Cutter, S. L., & Morath, D. (2013). The Evolution of the Social Vulnerability Index (SoVI). In J. Birkmann & UNU-EHS Expert Working Group on Measuring Vulnerability (Eds.), *Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies* (2nd edition, pp. 304–321). United Nations University Press.
- De Sherbinin, A., Bukvic, A., Rohat, G., Gall, M., McCusker, B., Preston, B., Apotsos, A., Fish, C., Kienberger, S., Muhonda, P., Wilhelmi, O., Macharia, D., Shubert, W., Sliuzas, R., Tomaszewski, B., & Zhang, S. (2019). Climate vulnerability mapping: A systematic review and future prospects. *WIREs Climate Change*, 10(5), e600. <https://doi.org/10.1002/wcc.600>
- Durán Gil, C. A. (2017). Análisis espacial de las condiciones de vulnerabilidad social, económica, física y ambiental en el territorio colombiano. *Perspectiva Geográfica*, 22(1), 11–32. <https://doi.org/10.19053/01233769.5956>
- Fank, L. (2022). Vulnerabilidad urbana en asentamientos informales: diseño y aplicación de una propuesta metodológica de abordaje en ciudades de Tierra del Fuego. El caso de Río Grande. *Estudios Socioterritoriales. Revista De Geografía*, (29), 080. <https://doi.org/10.37838/unicen/est.29-211>
- Filho, D. B. F. (2019). Desigualdade de renda e vulnerabilidade social em Pernambuco: uma análise exploratória. *Ciência & Trópico*, 43(1). [https://doi.org/10.33148/CeTropico-v.43n.1\(2019\)_1829](https://doi.org/10.33148/CeTropico-v.43n.1(2019)_1829)
- Frigerio, I y De Amicis, M. (2016) Mapping social vulnerability to natural hazards in Italy: A suitable tool for risk mitigation strategies. *Environmental Science & Policy*, 63, 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.001>
- Gaynor, T.S., & Wilson, M.E. (2020) Social Vulnerability and Equity: The Disproportionate Impact of COVID-19. *Public Administration Review*, 80(5), 832–838. <https://doi.org/10.1111/puar.13264>
- Giovene, E., & Cannatella, D. (2017). Social Vulnerability to Natural Hazards in Urban Systems. An Application in Santo Domingo (Dominican Republic). *Sustainability*, 9(11), 2043. <https://doi.org/10.3390/su9112043>
- Hernández, M., Carreño, M., & Castillo, L. (2018). Methodologies and tools of risk management: hurricane risk index (HRI). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 926–937. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.08.006>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Procesamiento de microdatos mediante el servicio del Laboratorio de Microdatos del INEGI.
- Jaeger, C. (Ed.). (2001). *Risk, uncertainty, and rational action* (1. publ). Earthscan.
- Jones, B., & Andrey, J. (2007). Vulnerability index construction: Methodological choices and their influence on identifying vulnerable neighbourhoods. *International Journal of Emergency Management*, 4(2), 269. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2007.013994>

- Lavell, A. (1996). Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. In M.-A. F. L. Rodríguez (Ed.), *Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: Hacia la definición de una agenda de investigación* (pp. 12–42). La Red. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- Lee, Y.-J. (2014) Social vulnerability indicators as a sustainable planning tool. *Environmental Impact Assessment Review*, 31-42. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2013.08.002>
- Mah, J.C., Penwarden, J.L., Pott, H. Mah, J. C., Penwarden, J. L., Pott, H., Theou, O., & Andrew, M. K. (2023). Social vulnerability indices: a scoping review. *BMC Public Health* 23, 1253 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16097-6>
- Massachesi, N., Iván, R., & Castro-Díaz, R. (2023). La medición del índice de Vulnerabilidad Social ante el Desastre (IVSD) en los cuatro aglomerados urbanos más poblados de la Argentina. La Encuesta Permanente de Hogares (EPH) como fuente de información. In *XVII Jornadas Argentinas de Estudios de Población* (pp. 1–13).
- Natenzon, C., & González, S. (2010). Riesgo, vulnerabilidad social y construcción de indicadores. Aplicaciones para Argentina. In M. Arroyo & P. Zusman (Eds.), *Argentina e Brasil: Possibilidades e obstáculos no processo de integração territorial* (pp. 195–218). Humanitas.
- Natenzon, C., Marlenko, N., González, S., Ríos, D., Barrenechea, J., Murgida, A. M., Boudín, M. C., Gentile, E., & Ludueña, S. (2005). Vulnerabilidad social estructural. In V. Barros, Á. Menéndez, & G. Nagy (Eds.), *El cambio climático en el Río de la Plata* (pp. 113–118). START, The World Academy of Sciences (TWAS), United Nations Environment Programme (UNEP). <https://www.cima.fcen.uba.ar/~lcr/libros/CambioClimatico-Texto.pdf>
- Natenzon, C. (2015). *Vulnerabilidad social, amenaza y riesgo frente al cambio climático*. In *Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático* (pp. 1-79). Jefatura de Gabinete de Ministros, Presidencia de la Nación, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Banco Mundial.
- Navarro, D., Vallejo, I., & Navarro, M. (2020). Análisis de la vulnerabilidad social a los riesgos naturales mediante técnicas estadísticas multivariantes. *Investigaciones Geográficas*, (74), 29–49. <https://doi.org/10.14198/INGEO2020.NVN>
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR). (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. *Estrategia de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres*. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Painter, M.A., Shah, S., Damestoit, G.C., Khalid, F., Prudencio, W., Chisty, M.A., Tormos-Aponte, F. & Wilhelmi, O. (2024). A systematic scoping review of the Social Vulnerability Index as applied to natural hazards. *Natural Hazards*, 120, 7265–7356. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06378-z>
- Reyes Maya, O. I., & Barrera Rojas, M. A. (2014). Estructura y desigualdad del ingreso en la zona maya de Quintana Roo. Un estudio de caso para las comunidades de José María Morelos y Sábán Quintana Roo, México 2011. *Revista De Economía, Facultad De Economía, Universidad Autónoma De Yucatán*, 31(82), 113. <https://doi.org/10.33937/reveco.2014.47>
- Rodríguez Van Gort, M. (2019). Cuantificación de vulnerabilidad y riesgo: las inundaciones en Motozintla de Mendoza, Chiapas, México. *Revista Cartográfica*, (97), 81-104. <https://doi.org/10.35424/rcar.v0i97.177>
- Romero Martínez, I. (2015). Quintana Roo, México, territorio de contradicciones y problemas socioambientales. In *XI Jornadas de Sociología*. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires. <https://www.aacademica.org/000-061/751>
- Romero, H. (2010). Ecología política del medio ambiente y riesgos naturales en Chile. Algunas consideraciones para su implantación. *Revista Temas de Coyuntura*, 61, Article 61.
- Roncancio, D.J., Cutter, S.L., & Nardocci, A.C. (2020). Social vulnerability in Colombia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50, 101872. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101872>
- Ruiz, N. (2012). La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo. *Investigaciones Geográficas*, 77, 63–74. <https://doi.org/10.14350/rig.31016>

- Ruiz, N., & Magaña, V. (2022). *Marco metodológico para Atlas de Riesgos orientados a la planeación metropolitana para la gestión de riesgos. Aplicación al Área Metropolitana de Guadalajara*. Instituto de Geografía, Seminario Universitario de Riesgos Socioambientales, Secretaría de Desarrollo Institucional, Universidad Nacional Autónoma de México; Instituto Metropolitano de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara. <https://www.imeplan.mx/wp-content/uploads/2022/08/Metodologia-Atlas-AMG-integrado-270722.pdf>
- Sheppard, E. S., & McMaster, R. B. (Eds.). (2004). *Scale and geographic inquiry: Nature, society, and method*. Blackwell Pub. <https://doi.org/10.1002/9780470999141>
- Sistema de Información Social Georreferenciada (SISGE). (2023). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2023 de Quintana Roo*. Secretaría del Bienestar. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/791863/23QuintanaRoo23.pdf>
- Tate, E. (2012). Social vulnerability indices: A comparative assessment using uncertainty and sensitivity analysis. *Natural Hazards*, 63(2), 325-347. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0152-2>
- Tierney, K. J. (2019). *Disasters: A sociological approach*. Polity Press.
- Trejo-Albuerno, A. L. (2021). Planificación del desarrollo a partir de Unidades Territoriales del Riesgo en Chetumal. In B. L. Campos Cámara, D. Velázquez Torres, A. L. Trejo Albuerno (Coords.), *Procesos socioespaciales: una mirada desde la perspectiva geográfica emergente en América Latina*. Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo.
- Trejo-Albuerno, A., & Canul-Macario, C. (2024). Saline Intrusion Using the GALDIT Index on the Northern Coast of Quintana Roo, Yucatan Peninsula, Mexico. *AQUA-Water Infrastructure, Ecosystems and Society*. <https://doi.org/10.2166/aqua.2024.119>
- Tyner, J. A. (2010). *Principles of map design*. Guilford Press.
- Universidad de Quintana Roo & Centro de Información Geográfica (UQROO-CIG). (2011). *Atlas de riesgo de la ciudad de Chetumal, Municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, 2011*. https://rmgjr.proyectomesoamerica.org/AtlasMunPDF/2011/23004_OTHON_P_BLANCO_2011.PDF



Desierto, Clima y Turismo. La importancia de la información climática para la gestión y planificación turística en la provincia de Isfahán (Irán)

Desert, Climate and Tourism. The importance of climate information for tourism management and planning in the Isfahan province (Iran)

AUTORÍA

**Fatemeh
Nourmohammadi-
Najafabadi** 

Departamento de Geografía, Universitat de
Barcelona, España.

**María Belén
Gómez-Martín** 

Departamento de Geografía, Universitat de
Barcelona, España.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.28921>

CITACIÓN

Nourmohammadi-Najafabadi, F. & Gómez-Martín, M. B. (2025). Desierto, Clima y Turismo. La importancia de la información climática para la gestión y planificación turística en la provincia de Isfahán (Irán). *Investigaciones Geográficas*, (84), 67-88. <https://doi.org/10.14198/INGEO.28921>

CORRESPONDENCIA

María Belén Gómez-Martín (bgomez@ub.edu)

HISTORIA

Recibido: 13 diciembre 2024
Aceptado: 7 mayo 2025
Publicado: 23 julio 2025

TÉRMINOS

© 2025 Fatemeh Nourmohammadi-Najafabadi,
María Belén Gómez-Martín

 Este trabajo se publica bajo una
licencia Creative Commons de Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

La realización de actividades de ocio y recreación en entornos desérticos plantea algunos problemas críticos que afectan a la producción y al consumo turístico. Entre estos se identifican los relacionados con el clima extremo que impone riesgos que comprometen la seguridad y el confort de los visitantes, condicionando con ello el diseño y la programación de actividades, la gestión turística y la propia planificación del destino. Este estudio cuantifica la idoneidad climática para el turismo de naturaleza durante la primavera, el verano y el otoño en cinco destinos con clima árido en la provincia iraní de Isfahán (Ardestan, Isfahan Airport, Khur-Va-Biabanak, Natanz y Shahreza) mediante la aplicación del método de los tipos de tiempo a resolución horaria. Los resultados muestran la importancia de los análisis climáticos de alta resolución en la generación de información de utilidad para la organización intradiaria/interdiaria de actividades de interior/exterior en destinos de regiones áridas. El tratamiento individualizado de siete tipos de tiempo favorables permite adaptar la respuesta a diferentes situaciones atmosféricas del destino. En el contexto de empeoramiento de las condiciones atmosféricas de numerosos destinos turísticos del mundo como consecuencia del cambio climático parece aconsejable complementar los tradicionales análisis de potencialidad turística de los climas a resolución diaria, con análisis a resoluciones temporales más finas que favorezcan la adaptación y la resiliencia de los destinos.

Palabras clave: tipos de tiempo; resolución horaria; climas áridos; adaptación; resiliencia; Irán.

Abstract

The pursuit of leisure and recreational activities in desert settings raises critical issues that affect both tourism production and consumption. Among the issues are those related to the extreme climate, which poses risks to the safety and comfort of visitors, thereby affecting tourism management, destination planning and the travel experience. This study quantifies the climate suitability for nature-based tourism during spring, summer and autumn in five destinations (Ardestan, Isfahan Airport, Khur-Va-Biabanak, Natanz and Shahreza) with an arid climate in the Iranian province of Isfahan by applying hourly resolution with the weather types method. The findings show the importance of high-resolution climate analyses in the provision of useful information for the

intra-daily organization of indoor/outdoor activities in destinations in arid regions. The individualized treatment of seven favorable weather types allows the response to be adapted to the real atmospheric situations of the destination. Within the context of worsening atmospheric conditions in many tourist destinations around the world as a result of climate change, it seems advisable to complement traditional analyses of the tourist potential of climates at daily resolution with analyses at finer temporal resolutions that favor the adaptation and resilience of destinations.

Keywords: weather types method; hourly resolution; arid climates; adaptation; resilience; Iran.

1. Introducción

El interés por las regiones desérticas puede estar motivado por diversas razones. Lonsdale (1983) señalaba entre las más importantes la presencia destacada de recursos naturales; la necesidad de ocupar nuevas tierras por motivos de presión demográfica; la obligación o deber que sienten algunos gobiernos por desarrollar todas las áreas de su territorio, brindando oportunidades de modernización y progreso a todos sus habitantes; consideraciones geopolíticas y militares; y, por último, oportunidades turísticas y recreativas. Los desiertos son espacios de gran importancia natural, histórica y cultural que presentan un atractivo especial para los turistas. Estos ámbitos brindan la posibilidad de poder viajar y practicar actividades de ocio y recreación en espacios abiertos, de horizontes despejados, solitarios, con paisajes naturales espectaculares que favorecen la sensación de libertad presente en las motivaciones de buena parte de los turistas (Capellà, 2022; Narayanan & Macbeth, 2009). El turismo desarrollado en los desiertos se ha popularizado en los últimos años, posicionándose favorablemente en el mercado turístico internacional al responder a una amplia gama de segmentos de la demanda turística. Son ejemplos de ello, las investigaciones de Dhirendra et al. (2022) en relación al interés de los turistas por las prácticas asociadas al geoturismo y el potencial que muestran para su desarrollo los lugares geológicamente significativos de los paisajes desérticos de la cuenca de Jaisalmer en la India; Tarawneh & Wray (2017) en relación a las motivaciones culturales y patrimoniales presentes en los turistas que visitan el desierto de Petra (Jordania); Rózycki & Dryglas (2014) en relación a las motivaciones turístico-deportivas de los turistas que visitan el desierto de Namibia; o Narayanan & Macbeth (2009) para el desierto australiano en relación a las motivaciones espirituales de los turistas que consideran el propio desierto como un espacio sagrado, la experiencia de viaje como una forma de religión de la naturaleza y el propio viaje como una peregrinación. No en vano, como señala Azar (2020), en el imaginario turístico, el desierto y el paraíso comparten cualidades similares. Ambos están lejos del centro y situados en el margen, tanto geográficamente como en términos de tiempo.

Conocer y comprender el potencial y las características definidoras de estos espacios constituye un factor clave para lograr el desarrollo económico y social en los mismos. En este sentido, la implementación de las actividades turísticas en ambientes desérticos plantea algunos problemas críticos que afectan a la producción y al consumo turístico. Entre estos se identifican los relacionados con el clima extremo que impone riesgos que comprometen la seguridad y el confort de los visitantes, condicionando con ello el diseño y la programación de actividades, la gestión turística y la propia planificación del destino (Faraj et al., 2023); la escasez de agua que dificulta la gestión de los recursos hídricos (Sulaiman et al., 2019; Weber, 2014); o la exigua presencia de población que condiciona la implicación de las comunidades locales en los proyectos turísticos (Schmidt & Uriely, 2019). Las dificultades en las comunicaciones y transporte y el aislamiento geográfico actúan como factores limitadores para el desarrollo de modelos turísticos masivos (Khadaroo & Seetanah, 2007) aunque, por el contrario, pueden ser favorecedoras del desarrollo de un turismo de base local que posicione estas características –limitaciones– como atractivo principal (Chylińska, 2022). Así pues, el clima parece posicionarse como un factor determinante que define la vida biológica, socioeconómica y cultural en las regiones desérticas (Davis, 2016; Winkler & Brooks, 2020). Desde el punto de vista turístico, el clima y el tiempo meteorológico condicionan –por su carácter extremo– la gestión turística del destino y la experiencia de viaje (Gómez-Martín, 2005) por lo que resulta de utilidad conocer con detalle su idoneidad.

Esta investigación cuantifica la potencialidad climática durante la primavera, el verano y el otoño para el turismo basado en la naturaleza (NBT) en una selección de destinos turísticos de clima árido situados en la provincia iraní de Isfahán. Como novedad, el cálculo de la idoneidad climática utiliza el método de los tipos de tiempo aplicado, por vez primera, con una resolución temporal horaria para el período 1998-2017. El objeto del análisis es evidenciar que las cuantificaciones a resolución horaria son necesarias en los climas áridos ya que, al proporcionar un mayor nivel de información, posibilitan una mejor planificación/gestión turística del destino y, en consecuencia, un mejor aprovechamiento turístico de los climas extremos. El mayor nivel de

información derivado de este tipo de análisis puede resultar de gran utilidad en las decisiones que afectan a la producción y al consumo turístico en estos ambientes.

1.1. Información climática para la toma de decisiones turísticas

Como señala González Pizarro (2013), la óptica turística de lo exótico concede un gran valor a los desiertos, espacios geográficos caracterizados por la escasa presencia humana y la adversidad climática. La producción y consumo turístico de estos territorios requiere de un proceso de adaptación a las condiciones atmosféricas que lo definen (Ahmadi & Ahmadi, 2017; Grigorieva, 2021; Jeuring, 2017). Los climas áridos asociados a estos paisajes presentan algunas características, como por ejemplo la escasez de precipitaciones y la elevada insolación, que favorecen el desarrollo del turismo al aire libre y el disfrute de los turistas ya que estas condiciones desencadenan en ellos mecanismos fisiológicos que provocan sensaciones de alegría, contento y bienestar (De Freitas, 2015; Jarvis et al., 2016). Sin embargo, los elevados contrastes térmicos, la escasa humedad relativa en el ambiente, el viento o la presencia de litometeoros hacen peligrar el confort y la seguridad de los visitantes (Besancenot, 1990; Goudie, 2014; Xu et al., 2024).

Los turistas tienen una notable capacidad para modificar su comportamiento frente al estrés térmico que resulta de la interacción de las condiciones ambientales con la tasa de actividad física (que determina la producción de calor metabólico) y la ropa utilizada (Grigorieva, 2021). La aclimatación a estas condiciones extremas incluye ajustes fisiológicos importantes, pero también ajustes psicológicos (condicionados por las variables personales, la percepción y la predisposición de los turistas a la experiencia que desarrollan en el ambiente elegido) y ajustes físicos. Entre estos últimos se incluyen la reducción o moderación de la actividad, la adecuación de los hábitos alimentarios, la reprogramación temporal de actividades, el uso de refugios climáticos (espacios interiores y exteriores con condiciones microclimáticas benignas) o el cambio de vestimenta (Khalili et al., 2022; Nasrollahi et al., 2017; Nikolopoulou & Steemers, 2003; Périard et al., 2021; Romero et al., 2021). Para hacer posible buena parte de estos ajustes se hace necesario el suministro de información climática y meteorológica a medida de los diferentes actores implicados en la actividad turística (entre ellos los turistas). Los datos meteorológicos y climáticos brutos no proporcionan una base adecuada para la toma de decisiones; sin embargo, la provisión de información climático-turística adaptada a las necesidades de los diferentes usuarios puede tener una influencia directa sobre la calidad de la estrategia organizativa, la toma de decisiones operativas y la experiencia de viaje (Damm et al., 2020; Gómez-Martín et al., 2017; Mahon et al., 2021). En la provisión de esa información adaptada es importante considerar la escala espacial, la resolución temporal de la información proporcionada, el ideal climático para la actividad turística y la herramienta elegida para cuantificar la aptitud turística del clima.

1.2. Elementos a considerar en la provisión de información climático-turística

Desde un punto de vista espacial, el ambiente atmosférico de los destinos turísticos depende del clima local que deriva de factores geográficos que modifican el clima regional (Barry & Blanken, 2016; Besancenot, 1991). Las condiciones climáticas regionales y locales son las que el turista toma como referencia para elegir destino turístico y organizar sus vacaciones, y son las que los gestores y operadores turísticos tienen en cuenta para establecer calendarios de aprovechamiento en los destinos y programar actividades, prever los flujos de frecuentación de visitantes, gestionar las posibles emergencias y riesgos climáticos, modular los precios de los paquetes turísticos, lanzar las campañas de marketing y fijar la imagen climática del destino (Gómez-Martín, 2005; Yang et al., 2019). De todos modos, es importante no olvidar que una parte de la vida turística se desarrolla en la escala fina de los microclimas (Ali-Toudert et al., 2005; Becken & Wilson, 2013; Besancenot, 2013; Rutty & Scott, 2014), aspecto que también debe ser considerado en el diseño de estrategias que permitan la adaptación frente a las condiciones atmosféricas desagradables y extremas de los climas áridos.

Respecto a la resolución temporal, las evaluaciones de potencialidad climático-turística han utilizado, mayoritariamente, la resolución mensual y la diaria. La resolución mensual, como señalan Scott et al. (2016), es insuficiente para el turismo, aunque su utilización en el ámbito de la climatología turística se puede comprender en un marco en el que no es posible la disponibilidad de datos climáticos estandarizados de mayor resolución. Sin embargo, la escala diaria ofrece un mayor nivel de detalle y permite identificar los destinos más favorables –desde el punto de vista climático– para la práctica de una determinada modalidad y los periodos turísticos idóneos a lo largo del año (Sahabi Abed & Matzarakis, 2018). De todos modos, es importante considerar que el grado de actividad diaria al aire libre que puede desarrollar el turista en un destino de clima árido no tiene en cuenta el valor de la temperatura media diaria o el valor de la temperatura máxima o mínima

diaria, sino que tiene en cuenta la distribución de la temperatura a lo largo de una jornada. Lo mismo sucede con otras variables como el viento, la precipitación o la humedad relativa (Dundas & von Haefen, 2020; Fan et al., 2023), por lo que trabajar a resoluciones más finas (como la horaria) puede ser de interés en la definición de acciones que permitan el acomodo a las condiciones extremas de los climas áridos (Nourmohammadi Najafabadi & Gómez-Martín, 2024). A pesar de ello, no son frecuentes las investigaciones realizadas a esta resolución de detalle (horaria) por el inmenso volumen de información requerido en el análisis.

En relación con el ideal climático para la actividad turística es importante considerar en su definición las tres exigencias climáticas del turista definidas por Besancenot (1991), Perry (1993) y De Freitas (2003): el disfrute, el confort y la seguridad. La exigencia de disfrute se relaciona con la faceta estética del clima, que puede ser evaluada a partir de parámetros como la insolación, la visibilidad, la duración del día o la cobertura nubosa, entre otros. La exigencia de confort se relaciona con la faceta térmica del clima y puede ser valorada a partir de parámetros como la temperatura, la humedad, la velocidad del viento o la radiación solar. Por último, la exigencia de seguridad se relaciona con la faceta física del clima y puede ser evaluada, entre otros, mediante la cantidad e intensidad de la precipitación o la velocidad del viento. Aunque en el pasado, el juicio experto supuso la aproximación más frecuente para definir el ideal climático para la práctica turística en genérico (Barbiere, 1981; Mieczkowski, 1985), en la actualidad la mayor parte de las investigaciones tratan de dotar a este ideal climático de significación turística. Para ello, las investigaciones concretan el ideal para una práctica turística específica (sol y playa, senderismo, turismo urbano, esquí, etc.) y lo contrastan empíricamente. Esta contrastación empírica se puede realizar en base a las preferencias climáticas de los turistas, capturadas mediante encuesta; o se puede realizar en base al análisis del comportamiento de los turistas. En el primer caso, la aproximación permite conocer la mejor opción posible (es decir, las condiciones atmosféricas ideales y aceptables para el turista) a través de la consulta directa al consumidor, generalmente mediante cuestionario (Denstadli et al., 2011; Rutty & Scott, 2013; 2015; Scott et al., 2016). Esta aproximación permite dirigir la investigación al segmento de demanda objeto de estudio, permitiendo establecer la jerarquización en las variables atmosféricas que resultan de interés para el turista, así como umbrales favorables y desfavorables en cada una de ellas. Sin embargo, este método presenta algunos inconvenientes. El primero de ellos tiene que ver con el coste temporal y monetario que supone su aplicación. El segundo, tiene que ver con el sesgo que pueden introducir las condiciones atmosféricas en la respuesta de los turistas (reales o potenciales), tanto si la encuesta se realiza *in situ* (la respuesta se puede ver afectada por las condiciones meteorológicas del momento en el destino), como si se realiza *ex situ* (la respuesta puede verse afectada por las condiciones meteorológicas del momento en el lugar de origen). En el segundo caso, la aproximación permite discernir la mejor opción posible sobre la base del comportamiento del consumidor, entendiendo el comportamiento como respuesta a condiciones atmosféricas reales (de Freitas, 2015; Gómez-Martín & Martínez-Ibarra, 2012; Martínez-Ibarra, 2011). Esta aproximación permite revelar las preferencias climáticas de los turistas relacionando los niveles de afluencia a un determinado espacio (para practicar una determinada actividad turística) con los parámetros atmosféricos. La observación *in situ*, las webcams, las cámaras de video o los contadores de usuarios, entre otros, se configuran como herramientas que permiten la observación de patrones de comportamiento temporal y espacial, y el recuento descriptivo. Esta aproximación también exige de un trabajo arduo y laborioso en la recopilación de información que requiere disponibilidad temporal y una importante dotación de medios.

Respecto a las herramientas utilizadas en la cuantificación, en la climatología turística se distinguen dos tipos de procedimiento. Por un lado, los índices climático-turísticos y, por otro, el método de los tipos de tiempo. Los índices climático-turísticos asocian dentro de una fórmula un cierto número de variables atmosféricas previamente juzgadas como decisivas para el desarrollo de las actividades turísticas al aire libre. Los índices permiten captar con una cifra única una realidad a menudo compleja, proporcionando resultados fáciles de comprender y de interpretar, aunque abstractos ya que no se identifican con situaciones atmosféricas reales. El *Tourism Climate Index* (Mieczkowski, 1985) o el *Modified Climate Index for Tourism* (Yu et al., 2021) se han utilizado con gran frecuencia para cuantificar la idoneidad para las actividades turísticas generales. En los últimos años, se han desarrollado índices de nueva generación que han superado algunas de las limitaciones implícitas en los índices primigenios. Estas limitaciones han sido identificadas por Scott et al. (2016) y Rutty et al. (2020) y tienen que ver con: a) la utilización de criterios subjetivos, sin contrastación empírica, en las escalas de calificación y ponderación de los diversos subíndices utilizados; b) la no valoración de la dominancia de las variables físicas; c) la no consideración de los diversos segmentos de demanda existentes y sus requisitos atmosféricos específicos; y d) la escasa resolución temporal de las variables climáticas utilizadas (generalmente, medias mensuales). Entre las nuevas herramientas aplicadas en los últimos años destacan, entre otros, el *Climate Index for Tourism* (De Freitas et al., 2008), el *Holiday Climate Index* (HCI-Beach, Rutty et al., 2020; HCI-Urban, Scott et al., 2016), el *Camping Climate Index* (Ma et al., 2021) o el *Climate Tourism*

Information Scheme (Matzarakis et al., 2010). Por otro lado, el método de los tipos de tiempo se basa en el concepto fisionómico de tiempo de Huftý que hace referencia a la combinación cotidiana de las diferentes variables atmosféricas que definen el tiempo real experimentado por el individuo. En este método, el dato de frecuencia y distribución temporal de los tipos de tiempo definidos como favorables para la práctica de una modalidad turística permite resumir la idoneidad del clima para el turismo en el destino considerado. El método de los tipos de tiempo también supera las limitaciones implícitas en los índices primigenios, siendo un método alternativo que ha sido contrastado científicamente (Bada-Díaz et al., 2023; Besancenot, 1991; Machete et al., 2014; Martínez Ibarra, 2008). Además de estos dos tipos de procedimientos, cabe añadir que en la climatología turística también se han empleado índices estrictamente bioclimáticos para afrontar la cuantificación de la idoneidad turística del clima: se señala por su amplia difusión, la *Physiological Equivalent Temperature* (PET), calculada a partir del modelo de RayMan que incluye todas las variables significativas que influyen en el confort térmico (Malinović-Milićević et al., 2025; Matzarakis, 2004).

Para el caso de los climas áridos, han sido populares las aplicaciones del *Tourism Climate Index* (TCI) (Faraj et al., 2023; Farajzadeh & Matzarakis, 2009; Masoudi, 2021; Roshan et al., 2016), si bien algunos estudios incluyen modificaciones respecto al índice original que consideran la resolución diaria (Noome & Fitchett, 2022). Los resultados de los trabajos a resolución diaria muestran una mejor identificación de los meses con mayor idoneidad para la práctica turística que los realizados a resolución mensual. El *Holiday Climate Index* (HCI) también se ha aplicado en climas áridos para conocer los periodos más adecuados para la práctica turística (Hejazizadeh et al., 2019; Sobhani & Danehkar, 2023), incluso con alguna reciente adaptación que incluye la consideración de los litometeoros en el Desierto de Taklimakan en China (Xu et al., 2024). El HCI solventa alguna de las limitaciones del TCI ya que incorpora las preferencias climáticas de las turistas (recopiladas a través de encuesta) para determinar las escalas de calificación y ponderar el peso de los subíndices; y también considera la resolución diaria en su cálculo. Sin embargo, el HCI no tiene en cuenta el confort térmico nocturno ya que considera que buena parte de los establecimientos de alojamiento tienen instalados sistemas de aire acondicionado, cosa que no siempre se cumple en los viajes desarrollados en desiertos. La no consideración de este aspecto se traduce en valores del HCI anormales, poco representativos de la realidad de estos ambientes, como han descubierto las investigaciones de Hejazizadeh et al. (2019) para el caso de los desiertos iraníes, Noome & Fitchett, 2022 para Namibia o Mushawemhuka et al. (2021) para Zimbabue.

El *Climate Tourism Information Scheme* (CTIS) aplicado en Ghardaia (Argelia, desierto del Sahara) por Sahabi Abed & Matzarakis (2018), también evidencia la importancia de la alta resolución temporal (diaria) en el cálculo de la *Physiological Equivalent Temperature* (PET) y del CTIS en este tipo de ambientes. La agrupación en periodos de 10 días de la información se muestra adecuada para elegir la mejor época del año para viajar, el destino y el tipo de actividad a desarrollar en estos ambientes. El método de los tipos de tiempo ha sido recientemente aplicado a resolución diaria y horaria en una selección de destinos turísticos de Irán (Nourmohammadi Najafabadi & Gómez-Martín, 2023; 2024), reflejando los resultados la potencialidad que ofrece la resolución temporal de detalle para la gestión de los destinos turísticos de climas áridos. Por último, cabe reseñar las investigaciones que han aplicado índices bioclimáticos para determinar calendarios turísticos en destinos de climas áridos. Se señalan, entre otros, los estudios de Amininia et al. (2020) para la provincia iraní de Ardabil; o Roshan et al. (2018) para Irán a partir de la *Physiological Equivalent Temperature* (PET) y el *Universal Thermal Climate Index* (UTCI).

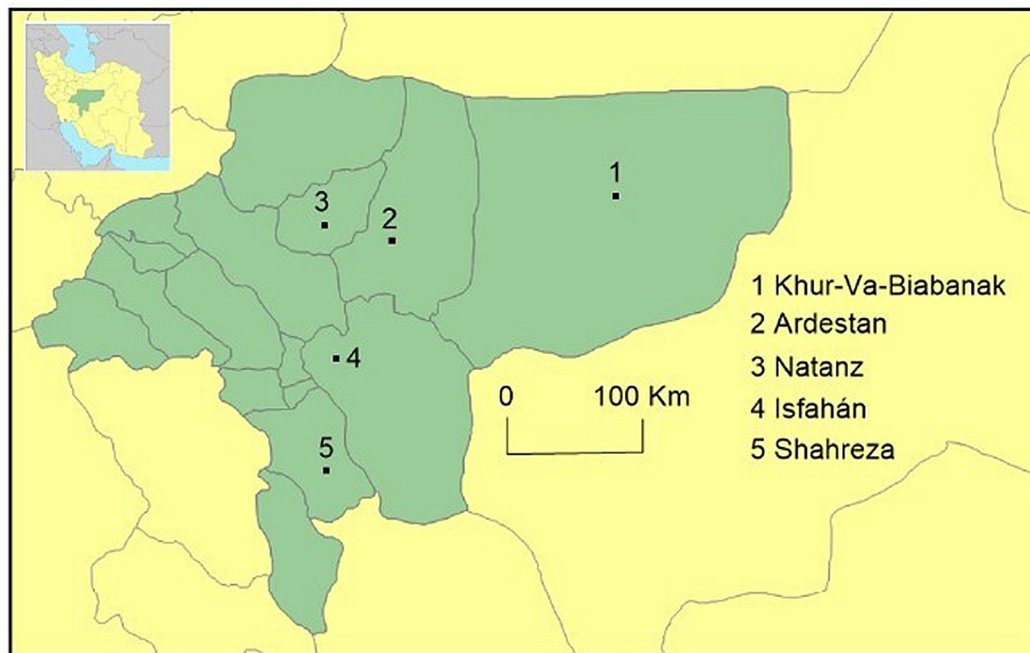
2. Metodología

2.1. Área de estudio

La provincia de Isfahán, área de estudio de la presente investigación, se encuentra situada en la región central de Irán (Figura 1). La parte oriental de la provincia se sitúa en los márgenes occidentales de las zonas áridas y semiáridas del país, mientras que la parte occidental se encuentra en las laderas orientales de los montes Zagros. La altitud de la provincia oscila entre los 500 m en las llanuras y los 4.000 m en las zonas montañosas. Según la clasificación de De Martonne (Yaghmaei et al., 2009), el 83% de la provincia se encuadra en la zona bioclimática árida; el 10% en la zona semiárida; el 2% en la mediterránea; el 2,3% en la zona semihúmeda; el 1,4% en la húmeda y el 1,3% en la zona muy húmeda. La precipitación media anual de la región occidental es de 800 mm, mientras que en la región árida oriental es de unos 75 mm. Según Nasri y Modarres (2009), las precipitaciones del invierno y del otoño representan el 48,4 y el 27,6% del total de las precipitaciones anuales, mientras que las de la primavera y el verano suponen el 23 y el 1%, respectivamente. La temperatura máxima promedio en la provincia varía de los 16,2 a los 28,2 °C y la temperatura

mínima promedio varía de los 6,3 a los 1,1 °C. Julio y agosto son los meses más cálidos y enero y febrero los más fríos en la provincia. La información climática básica de los observatorios sinópticos de estudio se proporciona en la Tabla 1.

Figura 1. Provincia de Isfahán (Irán) y observatorios sinópticos de estudio



Elaboración propia

Tabla 1. Observatorios sinópticos referenciados

Observatorios		E	F	M	A	My	J	Jl	A	S	O	N	D
Ardestan 33° 35' 55" N 52° 37' 55" E 1.255,5 m	T P	5,4 23,3	8,8 14,5	14 24,5	20,2 18,8	25,6 12	31,2 0,7	33,5 0,3	32,4 0,7	28,3 0,4	21,8 1,7	13,2 14,1	7,4 20,5
Isfahan Airport 32° 74' 41" N 51° 86' 30" E 1.550 m	T P	1,5 15,5	4,5 11,9	9,4 21,2	15,3 14,7	20,7 6,6	26,5 1	29 1,4	27,3 0,5	22,5 0,3	15,8 2,9	8,4 12,6	3,3 16,9
Khur-Va- Biabanak 33° 77' 00" N 55° 08' 16" E 842,2 m	T P	6,6 14	9,5 14,3	15 18,4	21,8 11	27,4 6	32,2 1	34 0,1	32,2 0	28 0,2	21,7 1,4	14 6	8,2 9
Natanz 33° 53' 33" N 51° 09' 00" E 1.685 m	T P	2,7 33,4	5,4 22,8	10,3 38,6	16,4 28,8	21,7 17	27,4 2,6	29,9 0,5	29,1 0,6	24,8 0,4	18,3 4,9	10,1 22,4	4,9 21,5
Shahreza 31° 98' 16" N 51° 81' 05" E 1.858 m	T P	2,8 23,4	5,6 18,7	9,9 26,1	15,3 18,2	20,6 7,1	26 1,8	28,6 0,6	26,9 0,3	22,5 0,9	16,3 3,9	9 21,4	4,3 23

(T: Temperatura media en °C; P: Precipitación en mm)

Fuente: Islamic Republic of Iran Meteorological Organization (IRIMO)

La provincia de Isfahán es una importante región turística de Irán. Su capital, Isfahán, destaca por ser un importante destino cultural y patrimonial, además de ser también un importante centro de turismo de salud y turismo de congresos e incentivos. La provincia presenta también un gran potencial para el desarrollo del turismo basado en la naturaleza (Yazdanpanah et al., 2016): el rango altitudinal existente ha dado lugar a una

amplia gama de climas, paisajes y fenómenos geográficos que se configuran como importantes recursos turísticos en la región (Farsani et al., 2019; Rodrigues et al., 2015). Los desiertos en la provincia de Isfahán son importantes espacios turísticos donde se desarrollan actividades diversas vinculadas a la naturaleza: el desierto de Varzaneh, Dasht-e Kavir, Khara, Rig-e Jenn, Maranjab o Isfahan, constituyen importantes referentes para los turistas que visitan la provincia de Isfahán.

Al igual que sucede en el resto del país, el turismo doméstico presenta mayor importancia en volumen que el turismo internacional (llegadas internacionales de turistas en Irán en 2019, 8.832.050 –inferior a 5.000.000 en 2023–; mientras que los viajes domésticos en Irán en 2019, ascendieron a 102.261.284). Durante las tres últimas décadas, el sector turístico en Irán ha padecido diversos problemas que han afectado a la llegada de turistas internacionales (Khodadadi, 2016). Entre estos problemas destacan la excesiva dependencia económica del petróleo y la escasa diversificación de la economía, la imagen negativa del país, las sanciones internacionales, la inestabilidad política y social, así como los conflictos en la región de Oriente Medio donde se localiza. Seyfi & Hall (2019) ponen de manifiesto que la investigación sobre el turismo doméstico en Irán es fundamental para entender los impactos económicos y culturales que la actividad genera a escala local y regional; para valorar su contribución al desarrollo sostenible en la región y para evaluar la efectividad de las políticas implementadas para ello. Investigar sobre el segmento del turismo doméstico iraní interesado en el turismo de naturaleza en ambientes desérticos puede ser un factor clave de cara a desarrollar productos turísticos atractivos y realizar una adecuada planificación y gestión turística en los destinos que favorezca el desarrollo a escala local y regional. Este hecho nos invita a seleccionar al turista doméstico iraní (turista potencial o real) como segmento de demanda objeto de atención en la presente investigación. De este modo, en este estudio, las preferencias climáticas para practicar turismo de naturaleza se concretan para el turista iraní que viaja por su propio país.

2.2. Aproximación metodológica

Esta investigación cuantifica la potencialidad climática para el turismo basado en la naturaleza (NBT) en cinco destinos turísticos de clima árido situados en la provincia iraní de Isfahán. El cálculo de la idoneidad climática utiliza el método de los tipos de tiempo aplicado, por vez primera, con una resolución temporal de detalle horario. El análisis se realiza para la primavera, el verano y el otoño.

La cuantificación se realiza sobre un catálogo de tipos de tiempo para la práctica del NBT (Tabla 2) establecido previamente por Nourmohammadi Najafabadi & Gómez-Martín (2023; 2024) a partir de un estudio de preferencias atmosféricas de los turistas iraníes para la práctica del turismo de naturaleza en climas áridos (Nourmohammadi Najafabadi & Gómez-Martín, 2022). Este estudio de preferencias recopiló datos de percepción turística en las 31 provincias de Irán mediante una encuesta *ex situ*. El cuestionario permitió establecer los tipos de tiempo favorables para la práctica del NBT en el contexto de los climas áridos a partir de la jerarquización de las variables atmosféricas que resultan de interés para el turista iraní, y a partir del establecimiento de umbrales ideales y aceptables en cada una de ellas. El catálogo también considera la *Physiological Equivalent Temperature* (PET) a través de la adaptación realizada para Irán por Farajzadeh (2017) y Sharafkhani et al. (2018). Todas estas investigaciones previas nos permiten afirmar que las preferencias aplicadas en esta investigación pueden considerarse validadas para Irán.

Los tipos de tiempo definidos en el catálogo consideraron las tres exigencias climáticas del turista definidas por Besancenot (1991), Perry (1993) y De Freitas (2003): el disfrute (faceta estética) evaluado a partir de la insolación; el confort (faceta térmica) mediante la temperatura y la *Physiological Equivalent Temperature* (PET); y la seguridad (faceta física) a través de la cantidad de precipitación y la velocidad del viento. La investigación previa de Nourmohammadi Najafabadi y Gómez-Martín (2023; 2024) permitió establecer 7 tipos de tiempo favorables para la práctica de la actividad, ordenados en el catálogo desde el más favorable (tipo 1) al menos favorable (tipo 7). A ello se suma un tipo desfavorable, el tipo 8, que aglutina todas aquellas situaciones atmosféricas no aptas para el desarrollo del turismo de naturaleza al no garantizar los niveles de confort, disfrute y/o seguridad. Atendiendo a las particularidades del clima del área de estudio y las preferencias de los turistas iraníes, se establecen dos clasificaciones de tipos de tiempo diferenciadas, una para ser aplicada en los meses de verano (junio, julio y agosto) y la otra para los meses de primavera y otoño (marzo, abril y mayo; septiembre, octubre y noviembre).

La información tomada como referencia para la cuantificación utiliza las observaciones sinópticas de superficie a las horas fijas principales y a las horas fijas intermedias (00:00, 06:00, 12:00 y 18:00 UTC y 03:00, 09:00, 15:00 y 21:00 UTC, respectivamente) de las siguientes variables: la temperatura, en grados Celsius, a la hora indicada; la precipitación acumulada a la hora indicada, en mm; la humedad relativa del aire, expresada en

porcentaje, a la hora indicada; la velocidad media del viento en los 10 minutos anteriores a la hora indicada, en m/s; y la PET (°C), calculada a la hora indicada a partir del modelo Rayman propuesto por Matzarakis et al. (2010). En la aplicación del catálogo mediante análisis de frecuencias, se mantiene como constante en todas las franjas horarias el dato de la insolación diaria en horas.

Tabla 2. Tipos de tiempo para el NBT en regiones áridas de la provincia de Isfahán

Primavera-Otoño					
	T	V _v	P	S	PET
Tipo 1. Muy buen tiempo soleado	20 ≤ T ≤23 °C	V _v < 3,3 m/s	P=0 mm	5 ≤ S ≤ 10 h	17,8 ≤ PET < 27 °C
Tipo 2. Buen tiempo con cobertura nubosa parcial	24 ≤ T ≤26 °C	V _v < 3,3 m/s	P=0 mm	S ≥ 5 h	17,8 ≤ PET < 27 °C
Tipo 3. Buen tiempo caluroso	23,1 ≤ T ≤29 °C	V _v < 3,3 m/s	P=0 mm	S ≥ 5 h	27 ≤ PET < 35,1 °C
Tipo 4. Tiempo caluroso y sofocante	29,1 ≤ T ≤ 33 °C	V _v < 3,3 m/s	P=0 mm	S ≥ 5 h	35,1 ≤ PET < 43 °C
Tipo 5. Tiempo fresco	14 ≤ T ≤19,9 °C	V _v < 3,3 m/s	P=0 mm	S ≥ 5 h	-0,7 ≤ PET ≤ 17,7 °C
Tipo 6. Tiempo con vientos fuertes	14 ≤ T ≤ 33 °C	3,3 ≤ V _v ≤ 5,4 m/s	P=0 mm	S ≥ 5 h	-0,7≤ PET < 43 °C
Tipo 7. Tiempo con breve chubasco	14 ≤ T ≤ 33 °C	V _v <3,3 m/s	0,01 ≤ P ≤ 5 mm	S ≥ 5 h	-0,7 ≤ PET < 43 °C
Tipo 8. Tiempo desfavorable / Mal tiempo	Resto de condiciones meteorológicas				
Verano					
Tipo 1. Muy buen tiempo	24 ≤ T ≤26 °C	V _v < 3,3 m/s	P=0 mm	S ≥ 5 h	17,8 ≤ PET <27 °C
Tipo 2. Buen tiempo	20 ≤ T ≤23 °C	V _v < 3,3 m/s	P=0 mm	5 ≤ S ≤ 10 h	17,8 ≤ PET <27 °C
Tipo 3. Buen tiempo caluroso	23,1 ≤ T ≤29 °C	V _v < 3,3 m/s	P=0 mm	S ≥ 5 h	27≤ PET <35,1 °C
Tipo 4. Tiempo caluroso y sofocante	29,1 ≤ T ≤ 33 °C	V _v < 3,3 m/s	P=0 mm	S ≥ 5 h	35,1 ≤ PET < 43 °C
Tipo 5. Tiempo fresco	14 ≤ T ≤19,9 °C	V _v < 3,3 m/s	P=0 mm	S ≥ 5 h	-0,7 ≤ PET ≤17,7 °C
Tipo 6. Tiempo con vientos fuertes	14 ≤ T ≤ 33 °C	3,3 ≤ V _v ≤ 5,4 m/s	P=0 mm	S ≥ 5 h	-0,7≤ PET < 43 °C
Tipo 7. Tiempo con breve chubasco	14 ≤ T ≤ 33 °C	V _v <3,3 m/s	0,01 ≤ P ≤5 mm	S ≥ 5 h	-0,7 ≤PET < 43 °C
Tipo 8. Tiempo desfavorable / Mal tiempo	Resto de condiciones meteorológicas				

Fuente: Nourmohammadi Najafabadi & Gómez-Martín (2024)

La aplicación del método de los tipos de tiempo se realiza en base horaria, día tras día y año tras año para el período 1998-2017. Las estaciones del *Islamic Republic of Iran Meteorological Organization* (IRIMO) consideradas son las que aparecen en la Tabla 1. Es importante señalar que los observatorios de Ardestan y Natanz no han proporcionado la información horaria para las 21:00, 00:00, 03:00 y las 06:00 UTC. Las variaciones cronológicas del ambiente atmosférico se muestran en diagramas en los que se representa agrupada la frecuencia de registro de los tipos de tiempo favorables y también de manera individualizada (tipos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7), a las horas señaladas para periodos de cinco días.

3. Resultados

En los destinos de clima árido de la provincia de Isfahán, el análisis a resolución horaria ofrece un mayor nivel de información que el análisis realizado a resolución diaria (Nourmohammadi Najafabadi & Gómez-Martín, 2023). Esta información de detalle posibilita un mejor y mayor aprovechamiento turístico de los climas extremos. El análisis a resolución horaria evidencia que las condiciones favorables para la práctica del turismo de

naturaleza muestran importantes variaciones inter e intradía, si bien la diversidad geográfica regional y local introduce matices en los calendarios de potencialidad climático-turística de los observatorios sinópticos estudiados (Figuras 2-6). Respecto a los tipos de tiempo favorables, el tipo que globalmente presenta las frecuencias más elevadas es el 6, tiempo aceptable con fuerte viento. Es importante señalar también que es habitual que en las jornadas que se registran tipos favorables, se puedan llegar a identificar –en un mismo día– varios de los tipos de tiempo favorables del catálogo.

Durante el verano, el observatorio de Khur Va Biabanak (el situado a menor altitud, 842,2 m) es el que muestra menor aptitud climática para la práctica del turismo de naturaleza. Desde primeros de junio a finales de agosto, las condiciones favorables son inferiores al 10% en la franja horaria comprendida entre las 12:00 y las 00:00 UTC. En cambio, se muestra más propicia la franja comprendida entre las 00:00 y las 12:00 UTC, al presentar frecuencias de tipos favorables entre el 20 y el 50%. En estos ambientes, estos períodos podrían ser aprovechados para la práctica de actividades nocturnas relacionadas con la observación de estrellas y acampadas al aire libre o para el desarrollo de excursiones matinales; fuera de ellos, las condiciones ambientales aconsejan el desarrollo de actividades en lugares considerados “refugios climáticos” o en lugares de interior. La primavera se muestra como un periodo bueno para la práctica del turismo de naturaleza en Khur Va Biabanak, registrándose frecuencias de tipos favorables comprendidas entre el 30 y el 60% a lo largo de toda la jornada de los meses de abril y mayo; y entre el 20-40% en marzo. En los 10 primeros días de este último mes (marzo), la franja horaria comprendida entre las 00:00 y las 09:00 UTC presenta frecuencias por debajo del 20%, quedando limitado su aprovechamiento para el desarrollo de actividades nocturnas y matutinas al aire libre. En el otoño, desde la segunda quincena de septiembre hasta la primera quincena de noviembre las condiciones se muestran favorables, con valores entre el 30-60% a lo largo de toda la jornada; las horas matutinas registran frecuencias de tipos de tiempo aptos en torno al 80%. La segunda quincena de noviembre presenta frecuencias bajas de tipos de tiempo favorables para el turismo de naturaleza. Por último, en cuanto al tipo de tiempo con registro de mayores frecuencias destaca el tipo 5 (tiempo fresco) y el tipo 2 (buen tiempo con cobertura nubosa parcial) en primavera y otoño en la franja 00:00-12:00 UTC y 21:00-00:00 UTC, seguido del tipo 3 (buen tiempo caluroso) y 4 (buen tiempo caluroso y sofocante) en la franja horaria 12:00-21:00 UTC. Es habitual que en una misma jornada se puedan llegar a registrar varios tipos de tiempo favorables de los identificados en el catálogo; incluso en algunas ocasiones casi todos. Este comportamiento es común a todos los observatorios de estudio. Durante el verano, el tipo 1 (muy buen tiempo) presenta una frecuencia destacada entre las 00:00 y las 09:00 UTC.

Ardestan (1.255,5 m) presenta una potencialidad similar, a grandes rasgos, a la de Khur Va Biabanak aunque la falta de registros a determinadas horas nos impide precisar el análisis. El tipo de tiempo 6, tiempo aceptable con fuerte viento, adquiere un protagonismo destacado en todas las estaciones del año.

Shahreza (el observatorio situado a mayor altitud, 1.858 m) muestra su mayor potencialidad durante los meses de verano y a lo largo de toda la jornada, a excepción de la franja 12:00-18:00 UTC de la primera quincena de julio donde las frecuencias de tipos favorables se sitúan por debajo del 20%. En cambio, la primavera muestra peores condiciones para la práctica del turismo de naturaleza y el otoño también, si bien la franja 12:00-21:00 UTC de septiembre y la primera quincena de octubre constituye una excepción. Durante el mes de marzo, el 87,5% de las horas de una jornada presentan frecuencias de tipos de tiempo favorable por debajo del 10%; lo mismo sucede con la última quincena de noviembre. De nuevo el tipo 6 es el que tiene una mayor presencia, aunque el tipo 5 (tiempo fresco) adquiere valores destacados entre las 03:00 y las 09:00 UTC de los meses de verano.

Isfahan Airport (1.550 m) registra las mejores condiciones para el turismo de naturaleza en primavera, en todas las franjas horarias, desde la segunda decena de mayo hasta la segunda quincena de junio; y en el otoño, durante todas las franjas horarias del mes de septiembre. Durante la última decena del mes de noviembre, el 87,5% de las horas de una jornada presentan frecuencias de tipos de tiempo favorable por debajo del 10%; en la primera decena del mes de marzo este valor se sitúa en el 75%. El verano registra en todas las franjas horarias frecuencias comprendidas entre el 40-60%; únicamente constituye una excepción la franja 15:00-21:00 UTC del mes de julio y agosto. De nuevo el tipo de tiempo 6 es el que presenta las mayores frecuencias en primavera, verano y otoño. El tipo 5 presenta también valores muy destacados desde la segunda quincena de mayo hasta mediados de octubre, en la franja horaria 00:00-09:00 UTC.

Por último, el observatorio de Natanz (1.685 m) presenta un comportamiento muy parecido al de Isfahan Airport aunque con condiciones estivales más benignas. El comportamiento también es muy similar por lo que respecta a la dominancia de los tipos de tiempo.

Figura 2. Calendarios de potencialidad climática para el turismo de naturaleza en Khur Va Biabanak (resolución horaria): información agrupada tipos 1-7 e información individualizada por tipos de tiempo favorables

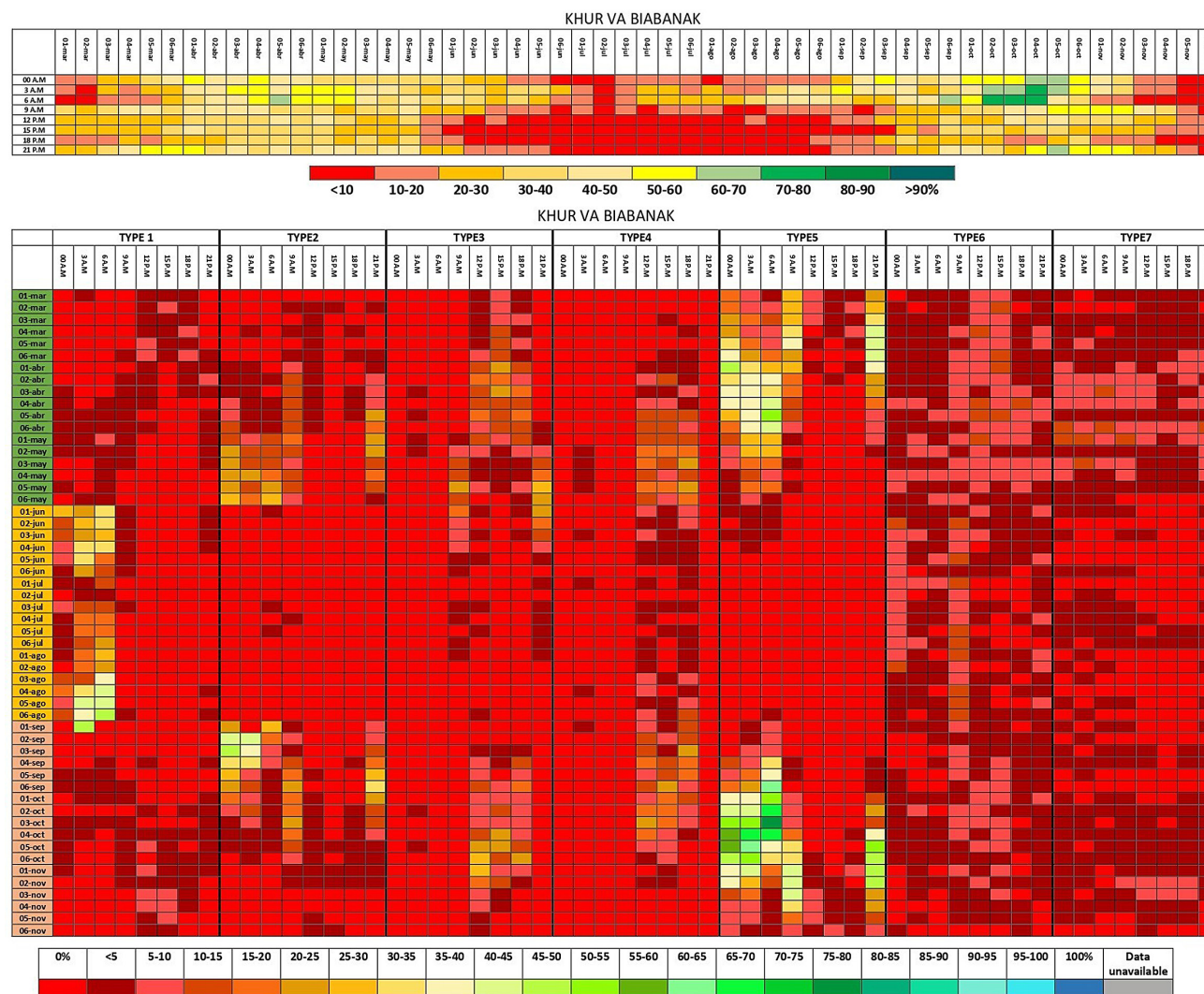
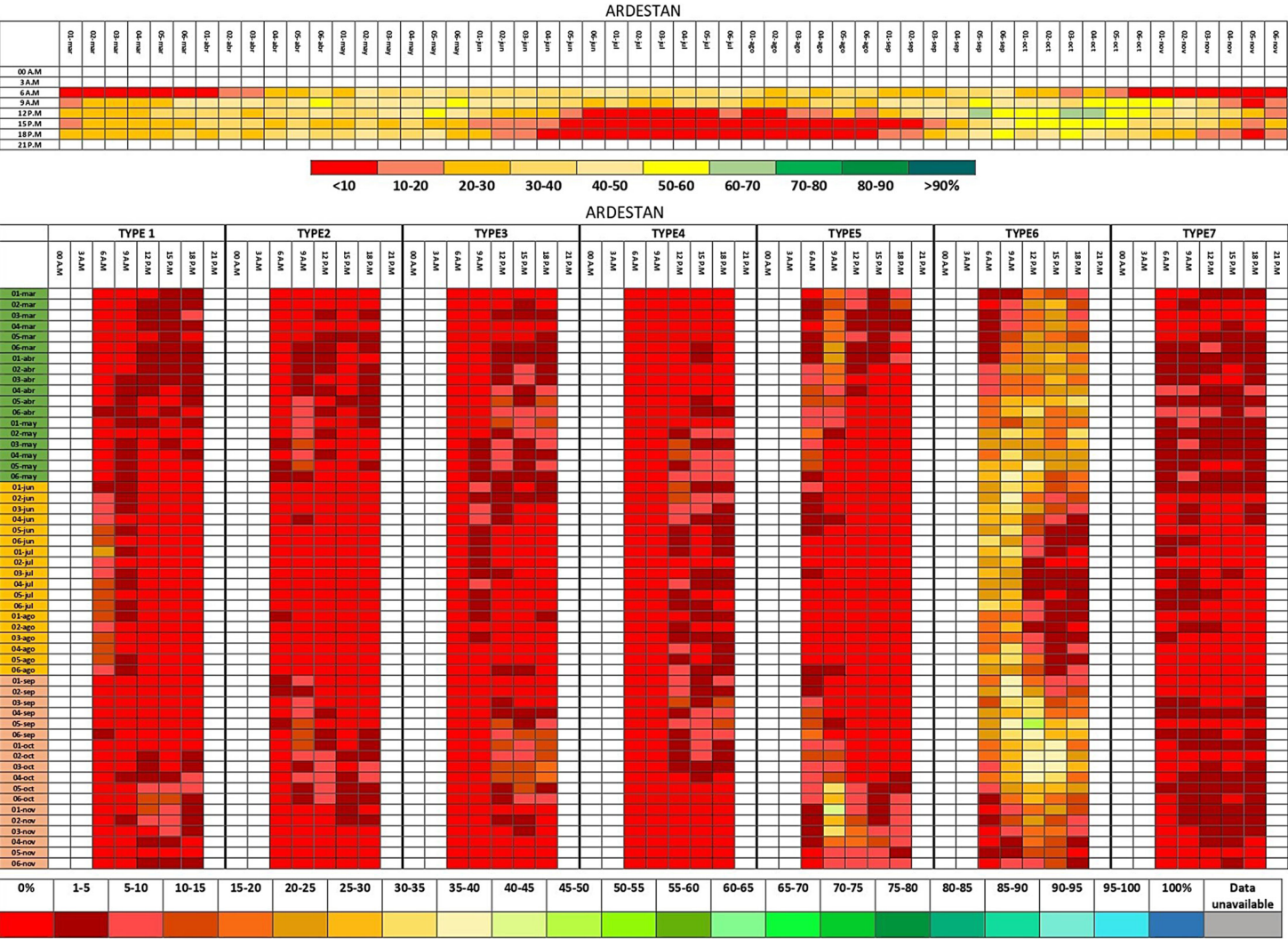


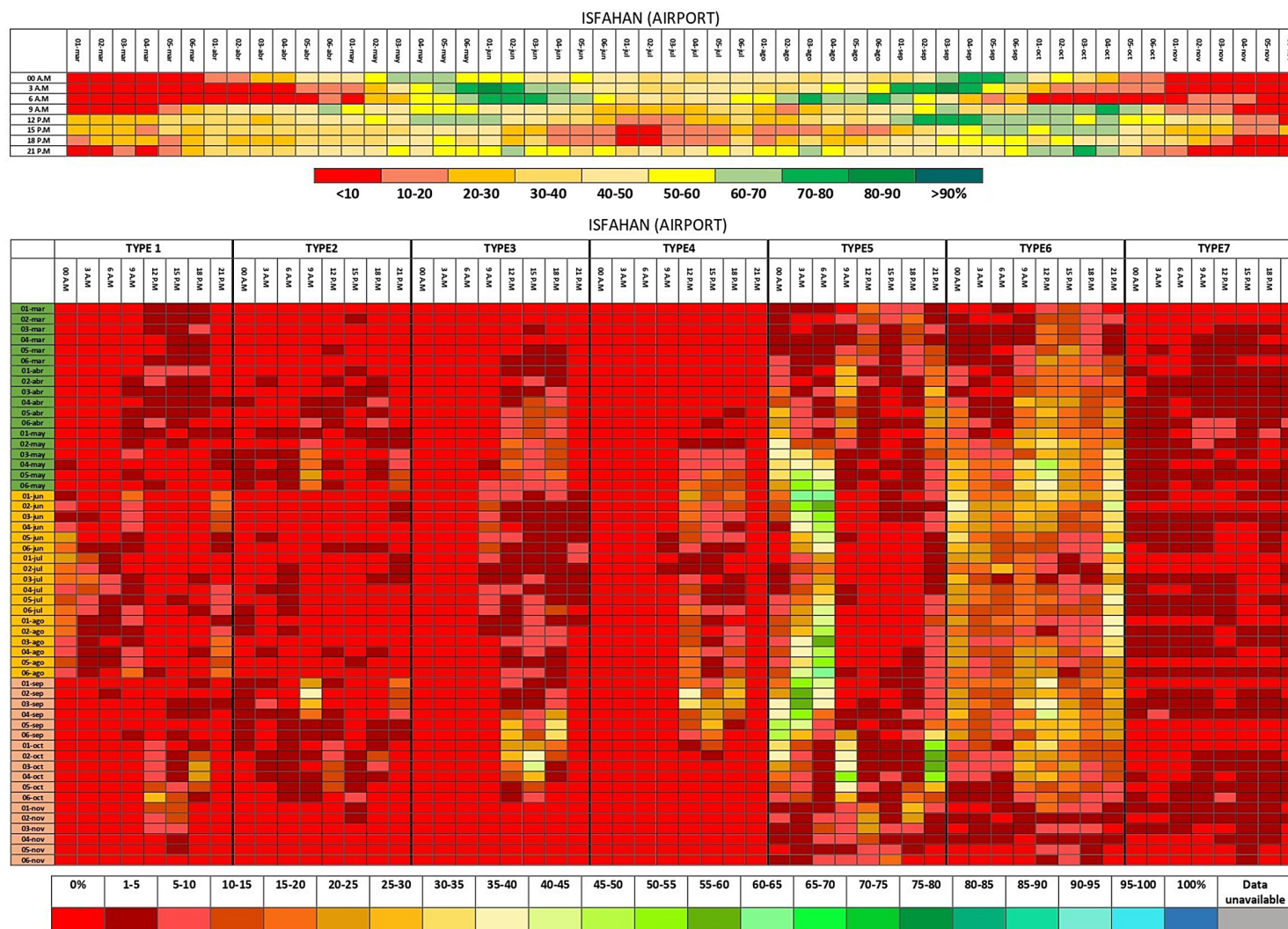
Figura 3. Calendarios de potencialidad climática para el turismo de naturaleza en Ardestan (resolución horaria): información agrupada tipos 1-7 e información individualizada por tipos de tiempo favorables



[illegible]

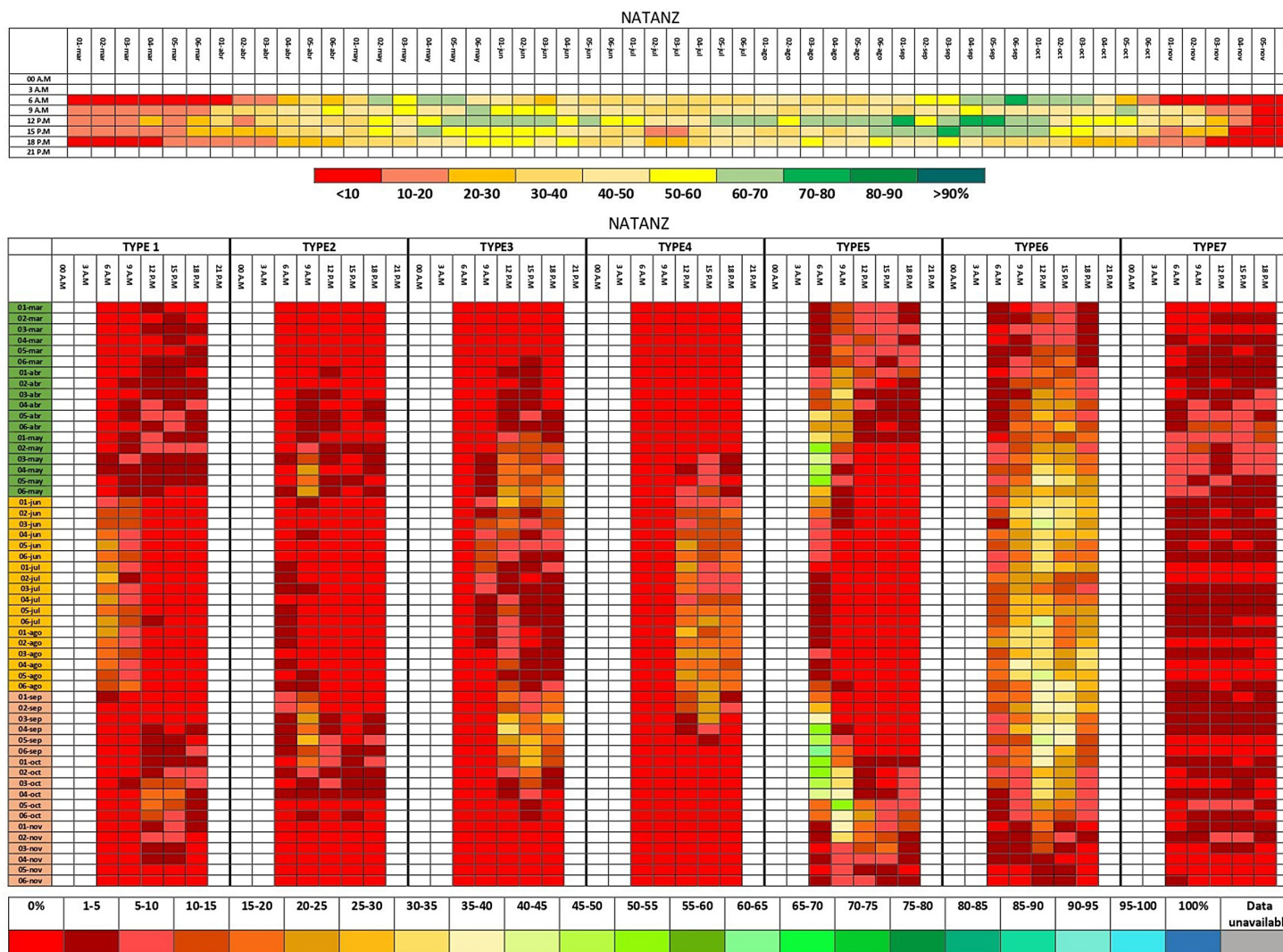
Investigaciones Geográficas, 84, 67-88

Figura 5. Calendarios de potencialidad climática para el turismo de naturaleza en Isfahán Airport (resolución horaria): información agrupada tipos 1-7 e información individualizada por tipos de tiempo favorables



Elaboración propia

Figura 6. Calendarios de potencialidad climática para el turismo de naturaleza en Natanz (resolución horaria): información agrupada tipos 1-7 e información individualizada por tipos de tiempo favorables



Elaboración propia

4. Discusión de resultados

El método utilizado en esta investigación se ha mostrado útil para cuantificar la aptitud climático-turística de un destino, corroborándose la vigencia de esta aproximación metodológica en el campo de la climatología turística (Bada-Díaz et al., 2023; Besancenot, 1991; Machete et al., 2014; Martínez Ibarra, 2008; Nourmohammadi Najafabadi & Gómez-Martín, 2024). El método de los tipos de tiempo permite trabajar con una combinación de las variables atmosféricas que constituyen el tiempo meteorológico real, vivido por el turista en un momento y lugar determinado (Barry & Blanken, 2016; Besancenot, 1991). Las frecuencias de los diversos tipos de tiempo favorables para la práctica del turismo de naturaleza calculadas sobre una serie de datos horarios de más de 20 años, confiere significación climática a los resultados. La propuesta es teóricamente sólida ya que permite incorporar el ideal climático del turista ajustado y validado empíricamente para un segmento de demanda específico (Besancenot, 1991; De Freitas, 2003; Perry, 1993). El método de los tipos de tiempo se presta bien a ser aplicado a diferentes resoluciones temporales, entre ellas la resolución horaria puesto que el tiempo meteorológico que vive y experimenta el turista presenta una concreción espacio-temporal que es la que queda registrada en las mediciones realizadas por las estaciones sinópticas existentes en una región (Nourmohammadi Najafabadi & Gómez-Martín, 2024).

El método de los tipos de tiempo permite trabajar con una resolución temporal de detalle, la más adecuada para evaluar los mejores momentos del día para el turismo en climas áridos en diferentes épocas del año: la gran amplitud térmica diaria en este tipo de ambientes y los regímenes de vientos dominantes hacen aconsejables análisis horarios detallados, como complemento a estudios realizados a otras resoluciones temporales. Esta investigación ha demostrado que la resolución horaria revela las importantes variaciones inter e intradiurnas que tienen lugar en los climas áridos. Esto resulta de gran interés puesto que el grado de actividad diaria al aire libre que puede desarrollar el turista en un destino tiene en cuenta la sucesión de tipos de tiempo registrados a lo largo de una misma jornada (Dundas & von Haefen, 2020; Fan et al., 2023).

La cuantificación a resolución horaria de la potencialidad climática para el turismo basado en la naturaleza ofrece un buen nivel de información que posibilita un mejor y mayor aprovechamiento turístico de los climas áridos. Los estudios realizados a resolución diaria para este tipo de destinos (Faraj et al., 2023; Farajzadeh & Matzarakis, 2009; Masoudi, 2021; Mushawemhuka et al., 2021; Noome & Fitchett, 2022; Nourmohammadi Najafabadi & Gómez-Martín, 2023; Sahabi Abed & Matzarakis, 2018) muestran –en términos generales– una menor aptitud para el desarrollo turístico en estos ambientes. A modo de ejemplo, desde primeros de junio a finales de agosto en algunos de los destinos considerados en este análisis, las frecuencias de tipos de tiempo favorables para el turismo de naturaleza no superan el 2% en las cuantificaciones a resolución diaria (Nourmohammadi Najafabadi & Gómez-Martín, 2023), mientras que suponen entre el 30 y el 50% en los análisis horarios. Este ejemplo nos indica que una evaluación a resolución diaria podría concluir que es inviable (total o parcialmente) el desarrollo de una modalidad turística en un destino de clima árido, mientras que el análisis horario nos muestra una imagen esperanzadora. En este sentido, el turismo será factible siempre y cuando la producción y el consumo turístico logren adaptarse a las condiciones cambiantes de los climas extremos (Ahmadi & Ahmadi, 2017; Grigorieva, 2021; Jeuring, 2017; Khalili et al., 2022; Nasrollahi et al., 2017; Nikolopoulou & Steemers, 2003; Périard et al., 2021; Romero et al., 2021). Las características geográficas definidoras de los territorios en los que se desarrolla el turismo son pertinentes en un contexto de adaptación al clima y al cambio climático. En este marco, la creación de conocimiento en torno a los rasgos climáticos de un destino turístico orienta el lineamiento de acciones, en el corto y medio plazo, que posibiliten una mejor adecuación de las intervenciones en la gestión y en la planificación del turismo (Gómez-Martín, 2017; Mínguez & Ricart, 2024; Rutty et al., 2021; Silva López et al., 2022).

Los resultados derivados de la investigación pueden influir positivamente sobre la calidad de la estrategia organizativa y la toma de decisiones operativas en los destinos de climas áridos al determinar las franjas horarias en las que se pueden realizar prácticas de ocio y recreación al aire libre relacionadas con el turismo de naturaleza (con diferentes intensidades de actividad física) y las franjas horarias en las que se recomienda buscar refugio climático para la práctica de actividades de interior. En este sentido, la producción turística en los climas extremos debe buscar la complementariedad de actividades y modalidades turísticas (turismo de naturaleza, turismo cultural, etc.), no solo a lo largo del año, sino también en un mismo día o jornada. Por otro lado, la resolución horaria permite acotar o redefinir la amplitud del período de actividad recreativa: la cuantificación indica que no necesariamente se tiene que ajustar al estándar 10-18 horas, pudiéndose desarrollar actividad en otras franjas horarias distintas a las habituales en otros contextos climáticos. Otra cuestión de interés tiene que ver con la contrastada sucesión de tipos de tiempo dentro de una misma jornada: la aclimatación en el contexto de condiciones muy cambiantes resulta más dificultosa para determinados

segmentos de demanda turística. Si bien los ajustes físicos y psicológicos pueden resultar viables para un turista bien informado, los ajustes fisiológicos no siempre son posibles en determinados perfiles de turistas. La información de detalle permite delimitar mejor los potenciales clientes de un destino de clima árido. En definitiva, la resolución horaria proporciona información de detalle que puede permitir a los turistas y también a los gestores turísticos establecer estrategias de adaptación inter e intradía que posibiliten el desarrollo de la actividad aún en lugares de climas extremos. Las cartas-diagramas que se derivan de la investigación constituyen una buena herramienta para identificar los periodos óptimos a lo largo del año y las franjas horarias favorables (en diferentes grados) para el turismo de naturaleza, lo que puede resultar de gran utilidad para la gestión operativa y toma de decisiones por parte de los diferentes actores turísticos del ámbito de estudio. La adaptación a las condiciones extremas posibilita evitar el estrés físico y mental que influye sobre la salud, el disfrute y la satisfacción del turista.

5. Conclusiones

Este artículo ha cuantificado la potencialidad climática para el turismo basado en la naturaleza (NBT) en una selección de destinos turísticos de clima árido situados en la provincia iraní de Isfahán. Forma parte de la primera investigación que utiliza el método de los tipos de tiempos a resolución horaria; el análisis tiene en cuenta el contexto climático del área de estudio, criterios bioclimáticos y las preferencias de los turistas, validadas empíricamente para Irán (Nourmohammadi Najafabadi & Gómez-Martín, 2022; 2023; 2024). La investigación supone una aportación al cuerpo limitado de estudios de evaluación de la aptitud turística de los climas, aplicado a resolución horaria. Los resultados de la investigación también cubren lagunas regionales clave en el ámbito de Oriente Próximo y Asia Occidental (Dube, 2024).

La producción y consumo turístico en los desiertos de climas áridos requiere de un proceso de adaptación a las condiciones atmosféricas adversas que lo definen. Por ello, conocer –desde un punto de vista turístico– el potencial y las características definidoras de los climas de estos ambientes constituye un factor crucial para poder alcanzar el desarrollo económico y social en ellos. Los resultados derivados de aplicar la propuesta aportan conocimientos de gran utilidad para una región de gran interés turístico. Los hallazgos muestran la importancia de los análisis a resolución horaria para proporcionar información útil que permita organizar inter e intradiariamente las actividades vinculadas al turismo de naturaleza en los destinos de clima árido de la provincia de Isfahán. El análisis horario ha puesto de manifiesto que, en una parte de los destinos analizados, durante el centro del verano se muestran como periodos adecuados para desarrollar actividades al aire libre las franjas horarias de primera hora de la mañana y las de la tarde baja y noche. Sucede lo contrario en el inicio de la primavera y el final del otoño (marzo y noviembre) ya que son las horas centrales del día las que presentan mejor aptitud. Los meses de mayo y septiembre son los que ofrecen mayores posibilidades de aprovechamiento a lo largo de toda la jornada. De todos modos, existen variaciones espaciales dentro del ámbito regional estudiado que permitirían introducir matices en el aprovechamiento estacional de la actividad. La concreción del análisis en tipos de tiempo favorables en diferentes grados (tipo 1, óptimo; tipos 2-7 aceptables por registrar algún pequeño inconveniente relacionado con el confort, el disfrute o la seguridad) también facilita el diseño de respuestas de adaptación que pueden incidir satisfactoriamente sobre la toma de decisiones y la experiencia turística. Globalmente, si bien el tipo 6 (tiempo aceptable con fuerte viento) presenta las mayores frecuencias, la escala horaria ha permitido comprobar que a lo largo de una misma jornada son varios los tipos de tiempo que se pueden registrar, lo que reclama una adaptación constante a situaciones a menudo contrastadas.

Según nuestro conocimiento, éste es el primer estudio realizado a resolución horaria mediante la aplicación del método de los tipos de tiempo en climas de carácter árido (parcialmente publicado en Nourmohammadi Najafabadi & Gómez-Martín, 2024). Los resultados del estudio ponen de manifiesto las ventajas informativas de la aplicación de la propuesta, señalando a su vez la conveniencia de aplicar el enfoque a otros ámbitos geográficos y climáticos. Además, en el contexto de empeoramiento de las condiciones atmosféricas de numerosos destinos turísticos del mundo como consecuencia del cambio climático parece aconsejable complementar los tradicionales análisis de potencialidad turística de los climas a resolución diaria, con análisis a resoluciones temporales de detalle horario. Esta aproximación puede permitir a los gestores y planificadores introducir medidas adaptativas que permitan la supervivencia de la actividad turística en ellos y la resiliencia de los destinos afectados por el empeoramiento de las condiciones atmosféricas. Se señala de manera específica el interés que tendría este tipo de aproximaciones en las evaluaciones de potencialidad climático-turística en España: desde mediados del siglo XX, los climas áridos se han expandido en detrimento de los climas de tipo templado, tanto en el territorio peninsular como insular. Según Chazarra et al. (2022), en

la España peninsular la superficie con climas de tipo árido (según la clasificación de Köppen) era del 10,4% en el período 1951-1980, expandiéndose hasta alcanzar el 21,6% en el período 1990-2020. Desde un punto de vista estratégico, para un país como España donde el turismo aporta alrededor del 12% al PIB, resultaría de gran interés considerar los principales hallazgos de este estudio en los planes de adaptación al cambio climático.

La investigación también señala algunas limitaciones. La primera está relacionada con la no inclusión en esta propuesta de meteoros o variables que tienen una gran significación en el contexto de los ambientes áridos (como, por ejemplo, la visibilidad o la presencia de litometeoros) (Xu et al., 2024). Esto podría ser explorado como una posible línea de investigación futura, dada la relevancia que adquieren en estos ambientes los tipos de tiempo ventosos. La segunda limitación es que los modelos y proyecciones utilizados para evaluar el potencial turístico de los climas del futuro no producen datos horarios, por lo que –de momento– no es posible el planteamiento de proyecciones de futuro.

A partir de este estudio, se señala como aspecto de interés para futuras investigaciones, la cuantificación a resolución horaria mediante otros procedimientos y herramientas utilizados en la climatología turística (índices climático-turísticos, índices bioclimáticos). Las cuantificaciones realizadas a partir de índices climático-turísticos y bioclimáticos y las realizadas mediante la aplicación del método de los tipos de tiempo deben resultar complementarias y no excluyentes, siempre y cuando se adapten a las características de los climas extremos y superen las limitaciones detectadas en estudios primigenios (Scott et al., 2016; Rutty et al., 2020).

Contribución de autoría

- Conceptualización: M. Belén Gómez Martín y Fatemeh Nourmohammadi.
- Curación de datos: Fatemeh Nourmohammadi.
- Análisis formal: Fatemeh Nourmohammadi y M. Belén Gómez Martín.
- Investigación: Fatemeh Nourmohammadi.
- Metodología: Fatemeh Nourmohammadi y M. Belén Gómez Martín.
- Administración del proyecto: M. Belén Gómez Martín.
- Validación de los resultados: Fatemeh Nourmohammadi y M. Belén Gómez Martín.
- Supervisión: M. Belén Gómez Martín y Fatemeh Nourmohammadi.
- Visualización: Fatemeh Nourmohammadi.
- Redacción, borrador original: M. Belén Gómez Martín y Fatemeh Nourmohammadi.
- Redacción, revisión y edición: M. Belén Gómez Martín y Fatemeh Nourmohammadi.

Agradecimientos

Esta investigación se llevó a cabo con el apoyo del *Grup de Recerca Consolidat Territori, Turisme i Canvi Climàtic* (Generalitat de Catalunya, Universidad de Barcelona). Un agradecimiento especial a la Organización Meteorológica de la República Islámica de Irán (IRIMO) por facilitar el acceso a los datos climáticos.

Referencias

- Ahmadi H., & Ahmadi F. (2017). Mapping thermal comfort in Iran based on geostatistical methods and bioclimatic indices. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(15), 342. <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3129-3>
- Ali-Toudert F., Djenane M., Bensalem R., & Mayer H. (2005). Outdoor thermal comfort in the old desert city of Beni-Isguen, Algeria. *Climate Research*, 28(3), 243-256. <https://doi.org/10.3354/cr028243>
- Amininia K., Abad B., Safarianzengir V., GhaffariGilandeh A., & Sobhani B. (2020). Investigation and analysis of climate comfort on people health tourism in Ardabil province, Iran. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 13, 1293-1303. <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00883-x>
- Azar, M.C. (2020). Recycling death: Post-apocalyptic tourism in the American West. In J. Dawes (Ed.), *Dark tourism in the American west*. Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21190-5_8
- Bada-Díaz, R., Gómez-Martín, M.B., Matos-Pupo, F., & Escalante-Pérez, D. (2023). Escenarios bioclimáticos de futuro y gestión de destinos turísticos. Estudio de caso de la región turística de Jardines del Rey (Cuba). *Revista de Geografía Norte Grande*, 86, 1-24. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022023000300106>
- Barbière E.B. (1981). O factor climatico nos sistemas territoriais de recreação (Le facteur climatique et les bases régionales du tourisme). *Revista Brasileira de Geografia Rio de Janeiro*, 43(2), 145-265.
- Barry R.G., & Blaken P.D. (2016). *Microclimate and local climate*. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316535981>
- Becken S., & Wilson J. (2013). The impacts of weather on tourist travel. *Tourism Geographies*, 15(4), 620-639. <https://doi.org/10.1080/14616688.2012.762541>
- Besancenot J.P. (1990). L'organisme humain face à la chaleur. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 1(1), 30-35.
- Besancenot J.P. (1991). *Clima y Turismo*. Masson.
- Besancenot J.P. (2013). Urbanization in arid and semi-arid zones. *Sécheresse*, 24(3), 159-231.
- Capellà, H. (2022). Soledad: La voz del desierto. *Estudios Geográficos*, 83(292), e099. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.2022107.107>
- Chazarra, A., Lorenzo, B., Romero, R., & Moreno, J.V. (2022). Evolución de los climas de Köppen en España en el periodo 1951-2020. *Nota técnica AEMET*, 37, 1-35.
- Chylińska D. (2022). Escape? But where? About 'escape tourism'. *Tourist Studies*, 22(3), 262-289. <https://doi.org/10.1177/14687976221092220>
- Damm A., Köberl J., Stegmaier P., Alonso E.J., Harjanne A. (2020). The market for climate services in the tourism sector—An analysis of Austrian stakeholders' perceptions. *Climate Services*, 17, 100094. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2019.02.001>
- Davis D.K. (2016). *The arid lands: history, power, knowledge*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/10651.001.0001>
- De Freitas C.R. (2003). Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *International Journal of Biometeorology*, 48(1), 45-54. <https://doi.org/10.1007/s00484-003-0177-z>
- De Freitas C.R., Scott D., & McBoyle G. (2008). A second generation climate index for tourism (CIT): specification and verification. *International Journal of Biometeorology*, 52(5), 399-407. <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0134-3>
- De Freitas C.R. (2015). Weather and place-based human behavior: recreational preferences and sensitivity. *International Journal of Biometeorology*, 59(1), 55-63. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0824-6>
- Denstadli J.M., Jacobsen J.K.S., & Lohmann M. (2011). Tourist perceptions of summer weather in Scandinavia. *Annals of Tourism Research*, 38(3), 920-940. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2011.01.005>

- Dhirendra P.K., Sudesh W.K., & Suraj B. (2022). Geoconservation Through Geotourism Around Geologically Significant Sites and Desert Landscapes in Potential Geopark in Jaisalmer Basin, Western India. *Geoheritage*, 14(4), 108. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00731-7>
- Dube K. (2024). Evolving Narratives in Tourism and Climate Change Research: Trends, Gaps, and Future Directions. *Atmosphere*, 15(4), 455. <https://doi.org/10.3390/atmos15040455>
- Dundas S.J., & von Haefen R.H. (2020). The effects of weather on recreational fishing demand and adaptation: implications for a changing climate. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 7(2), 209-242. <https://doi.org/10.1086/706343>
- Fan Y., Wang J., Obradovich N., & Zheng S. (2023). Intraday adaptation to extreme temperatures in outdoor activity. *Scientific Reports*, 13(1), 473. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26928-y>
- Faraj T.K., Tarawneh Q.Y., & Oroud I.M. (2023). The applicability of the tourism climate index in a hot arid environment: Saudi Arabia as a case study. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, 3849-3860. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04228-2>
- Farajzadeh H., & Matzarakis A. (2009). Quantification of climate for tourism in the northwest of Iran. *Meteorological Applications: A journal of forecasting, practical applications, training techniques and modelling*, 16(4), 545-555. <https://doi.org/10.1002/met.155>
- Farajzadeh H. (2017). *Evaluation and Analysis of Climatic Comfort Conditions for Tourism in Iran Using Bioclimatic Indices (Dissertation)*. Kharazmi University.
- Farsani N.T., Esfahani M.A.G., & Shokrizadeh M. (2019). Understanding tourists' satisfaction and motivation regarding mining geotours (case study: Isfahan, Iran). *Geoheritage*, 11, 681-688. <https://doi.org/10.1007/s12371-018-0318-8>
- Gómez-Martín M.B. (2005). Weather, climate and tourism a geographical perspective. *Annals of Tourism Research*, 32(3), 571-591. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2004.08.004>
- Gómez-Martín M.B., & Martínez-Ibarra E. (2012). Tourism demand and atmospheric parameters: non-intrusive observation techniques. *Climate Research*, 51(2), 135-145. <https://doi.org/10.3354/cr01068>
- Gómez-Martín M.B., Armesto-López X.A., & Martínez-Ibarra E. (2017). Tourists, weather and climate. Official tourism promotion websites as a source of information. *Atmosphere*, 8(12), 255. <https://doi.org/10.3390/atmos8120255>
- Gómez-Martín M.B. (2017). Retos del turismo español ante el cambio climático. *Investigaciones Geográficas*, 67, 31-47. <https://doi.org/10.14198/INGEO2017.67.02>
- González Pizarro J.A. (2013). Geografía del desierto y turismo de la naturaleza: La revista En Viaje y la mirada sobre el paisaje nortino: 1945-1966. *Revista de Geografía Norte Grande*, 54, 219-239. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022013000100012>
- Goudie A.S. (2014). Desert dust and human health disorders. *Environment International*, 63, 101-113. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.10.011>
- Grigorieva E.A. (2021). Adventurous tourism: acclimatization problems and decisions in trans-boundary travels. *International Journal of Biometeorology*, 65(5), 717-728. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01875-3>
- Hejazizadeh Z., Karbalaee A., Hosseini, S.A., & Tabatabaei S.A. (2019). Comparison of the holiday climate index (HCI) and the tourism climate index (TCI) in desert regions and Makran coasts of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 803. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4997-5>
- Jarvis D., Stoeckl N., & Liu H.B. (2016). The impact of economic, social and environmental factors on trip satisfaction and the likelihood of visitors returning. *Tourism Management*, 52, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.06.003>
- Jeuring, J.H.G. (2017). Weather perceptions, holiday satisfaction and perceived attractiveness of domestic vacationing in The Netherlands. *Tourism Management*, 61, 70-81. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.01.018>

- Khadaroo, J., & Seetanah, B. (2007). Transport infrastructure and tourism development. *Annals of Tourism Research*, 34(4), 1021-1032. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2007.05.010>
- Khalili S., Fayaz R., & Zolfaghari S.A. (2022). Analyzing outdoor thermal comfort conditions in a university campus in hot-arid climate: A case study in Birjand, Iran. *Urban Climate*, 43, 101128. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101128>
- Khodadadi M. (2016). Challenges and opportunities for tourism development in Iran: Perspectives of Iranian tourism suppliers. *Tourism Management Perspectives*, 19, 90-92. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2016.05.001>
- Lonsdale E. (1983). The Political Burden of Sparseland: Some International Consistencies. *Geographical Research Forum*, 6, 72-77.
- Silva Lopes, H.S., Remoaldo, P.C., Ribeiro, V., & Martin-Vide, J. (2022). Pathways for adapting tourism to climate change in an urban destination—Evidences based on thermal conditions for the Porto Metropolitan Area (Portugal). *Journal of Environmental Management*, 315, 115161. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115161>
- Ma S., Craig C.A., & Feng S. (2021). Camping climate resources: The camping climate index in the United States. *Current Issues in Tourism*, 24(18), 2523-2531. <https://doi.org/10.1080/13683500.2020.1846503>
- Machete R., Lopes A., Gómez-Martín M.B., & Fraga H. (2014) Tourism and climate in Lisbon. An assessment based on weather types. *Finisterra*, 49(98), 153-176. <https://doi.org/10.18055/Finis6466>
- Mahon R., Petrie J.A., Trotman A., Eyzaguirre J., Burrowes R., Matthews L., Van Meerbeeck C.J., & Charles A. (2021). Climate services for tourism: Insights from Caribbean Small Island Developing States. *Climate Services*, 24, 100262. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2021.100262>
- Malinović-Miličević, S., Micić, J., Denda, S., Stanojević, G., Petrović, M.D., & Gajić, T. (2025). Intensification of thermal risk in a changing climate: findings from prominent tourism destinations along the eastern Adriatic coast. *International Journal of Biometeorology*, 69, 157-175. <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02800-8>
- Masoudi M. (2021). *Desert Landscapes and Landforms of Iran*. Geography of the Physical Environment. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58912-7>
- Martínez-Ibarra E. (2008). Evaluación de la aptitud climático-turística para el turismo de sol y playa en Alicante (1974-2003). *Investigaciones Geográficas*, (45), 141-162. <https://doi.org/10.14198/INGEO2008.45.06>
- Martínez-Ibarra E. (2011). The use of webcam images to determine tourist-climate aptitude: favourable weather types for sun and beach tourism on the Alicante coast (Spain). *International Journal of Biometeorology*, 55(3), 373-385. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0347-8>
- Matzarakis A. (2004). Assessing climate for tourism purposes: Existing methods and climate, tourism and recreation tools for the thermal complex. *Proceedings of International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*.
- Matzarakis A., Rutz F., & Mayer H. (2010). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 54(2), 131-139. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0261-0>
- Mieczkowski Z. (1985). The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism. *Canadian Geographer/Le Géographe Canadien*, 29(3), 220-233.
- Mínguez, C., & Ricart, S. (2024). Is the tourism perspective envisaged in climate change adaptation planning? In Remoaldo, P., Lopes, H., Ribeiro, V., & Alves, J. (Ed.), *Tourism and Climate Change in the 21st Century*, (pp. 65-91). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-59431-1_4
- Mushawemhuka W.J., Fitchett J.M., & Hoogendoorn G. (2021). Towards quantifying climate suitability for Zimbabwean nature-based tourism. *South African Geographical Journal*, 103(4), 443-463. <https://doi.org/10.1080/03736245.2020.1835703>
- Narayanan Y., & Macbeth J. (2009). Deep in the Desert: Merging the Desert and the Spiritual through 4WD Tourism. *Tourism Geographies*, 11(3), 369-389. <https://doi.org/10.1080/14616680903032783>

- Nasri, M., & Modarres, R. (2009). Dry spell trend analysis of Isfahan Province, Iran. *International Journal of Climatology*, 29(10), 1430. <https://doi.org/10.1002/joc.1805>
- Nasrollahi N., Hatami Z., & Taleghani M. (2017). Development of outdoor thermal comfort model for tourists in urban historical areas; A case study in Isfahan. *Building and Environment*, 125, 356-372. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.09.006>
- Nikolopoulou M., & Steemers K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, 35(1), 95-101. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00084-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00084-1)
- Noome K., & Fitchett J.M. (2022). Quantifying the climatic suitability for tourism in Namibia using the Tourism Climate Index (TCI). *Environment, Development and Sustainability*, 24, 5094-5111. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01651-2>
- Nourmohammadi Najafabadi F., & Gómez-Martín M.B. (2022). Climate Preferences of Iranian Tourists for Nature-Based Tourism (NBT) in Arid Regions. *Atmosphere*, 13(11), 1784. <https://doi.org/10.3390/atmos13111784>
- Nourmohammadi Najafabadi F., & Gómez-Martín M.B. (2023). Evaluation of Climate Suitability for Nature-Based Tourism (NBT) in Arid Regions of Isfahan Province (Iran). *Atmosphere*, 14(10), 1565. <https://doi.org/10.3390/atmos14101565>
- Nourmohammadi Najafabadi, F., & Gómez-Martín, M.B. (2024). Benefits of applying hourly resolution in the assessment of the climate aptitude to manage tourist activities in arid regions. *International Journal of Biometeorology*, 68, 1573-1585. <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02685-7>
- Périard J.D., Eijvogels T.M., & Daanen H.A. (2021). Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. *Physiological Reviews*, 101(4), 1873-1979. <https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2020>
- Perry A. (1993). Climate and weather information for the package holiday-maker. *Weather*, 48(12), 410-414. <https://doi.org/10.1002/j.1477-8696.1993.tb05830.x>
- Rodrigues A.L., Rodrigues A., & Peroff D.M. (2015). The sky and sustainable tourism development: A case study of a dark sky reserve implementation in Alqueva. *International Journal of Tourism Research*, 17(3), 292-302. <https://doi.org/10.1002/jtr.1987>
- Romero H., Smith P., Mendonça M., & Méndez M. (2021). Macro y mesoclimas del altiplano andino y desierto de Atacama: desafíos y estrategias de adaptación social ante su variabilidad. *Revista de Geografía Norte Grande*, 55, 19-41. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022013000200003>
- Roshan G., Yousefi R., & Fitchett J.M. (2016). Long-term trends in tourism climate index scores for 40 stations across Iran: the role of climate change and influence on tourism sustainability. *International Journal of Biometeorology*, 60, 33-52. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1003-0>
- Roshan G., Yousefi R., & Błazejczyk K. (2018). Assessment of the climatic potential for tourism in Iran through biometeorology clustering. *International Journal of Biometeorology*, 62, 525-542. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1462-6>
- Różycki P., & Dryglas D. (2014). Trekking as a phenomenon of tourism in the modern world. *Acta Geoturistica*, 5(1), 24-40.
- Rutty M., & Scott D. (2013). Differential climate preferences of international beach tourists. *Climate Research*, 57(3), 259-269. <https://doi.org/10.3354/cr01183>
- Rutty M., & Scott D. (2014). Thermal range of coastal tourism resort microclimates. *Tourism Geographies*, 16(3), 346-363. <https://doi.org/10.1080/14616688.2014.932833>
- Rutty M., & Scott D. (2015). Bioclimatic comfort and the thermal perceptions and preferences of beach tourists. *International Journal of Biometeorology*, 59(1), 37-45. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0820-x>
- Rutty M., Scott D., Matthews L., Burrowes R., Trotman A., Mahon R., & Charles A. (2020). An inter-comparison of the holiday climate index (HCI: Beach) and the tourism climate index (TCI) to explain Canadian tourism arrivals to the Caribbean. *Atmosphere*, 11(4), 412. <https://doi.org/10.3390/atmos11040412>

- Rutty, M., Steiger, R., Demiroglu, O. C., & Perkins, D. R. (2021). Tourism climatology: past, present, and future. *International Journal of Biometeorology*, 65(5), 639-643. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02070-0>
- Sahabi Abed S., & Matzarakis A. (2018). Quantification of the tourism climate of Algeria based on the climate-tourism-information-scheme. *Atmosphere*, 9(7), 250. <https://doi.org/10.3390/atmos9070250>
- Schmidt J., & Uriely N. (2019). Tourism development and the empowerment of local communities: The case of Mitzpe Ramon, a peripheral town in the Israeli Negev Desert. *Journal of Sustainable Tourism*, 27(6), 805-825. <https://doi.org/10.1080/09669582.2018.1515952>
- Scott D., Rutty M., Amelung B., & Tang M. (2016). An inter-comparison of the holiday climate index (HCI) and the tourism climate index (TCI) in Europe. *Atmosphere*, 7(6), 80. <https://doi.org/10.3390/atmos7060080>
- Seyfi S., & Hall M.C. (2019). *Tourism in Iran challenges, development and issues*. Routledge, United Kingdom
- Sharafkhani R., Khanjani N., Bakhtiari B., Jahani Y., & Tabrizi J.S. (2018). Physiological equivalent temperature index and mortality in Tabriz (the northwest of Iran). *Journal of Thermal Biology*, 71, 195-201. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.11.012>
- Sobhani P., & Danehkar A. (2023). Investigating tourism climate conditions in Iran's mangrove forests using Tourism Comfort Climate Index (TCI) and Holiday Climate Index (HCI). *Journal of Natural Environment*, 75, 29-45.
- Sulaiman S.O., Kamel A.H., Sayl K.N., & Alfadhel M.Y. (2019). Water resources management and sustainability over the Western desert of Iraq. *Environmental Earth Sciences*, 78, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8510-y>
- Tarawneh M.B., & Wray M. (2017). Incorporating Neolithic villages at Petra, Jordan: An integrated approach to sustainable tourism. *Journal of Heritage Tourism*, 12(2), 155-171. <https://doi.org/10.1080/1743873X.2016.1165231>
- Weber A.S. (2014). Tourism in Hyperarid (Desert) Regions: Primary Concerns for Development. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Turystyki*, 4(28), 401-416.
- Winkler D.E., & Brooks E. (2020). Tracing extremes across iconic desert landscapes: socio-ecological and cultural responses to climate change, water scarcity, and wildflower superblooms. *Human Ecology*, 48, 211-223. <https://doi.org/10.1007/s10745-020-00145-5>
- Xu X., Liu X., Yang X., Liu L., & Guan J. (2024). Assessing the impact of dust events on the Holiday Climate Index in the Taklimakan Desert region. *International Journal of Biometeorology*, 1-7. <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02645-1>
- Yaghmaei, L., Soltani, S., & Khodaghali, M. (2009). Bioclimatic classification of Isfahan province using multivariate statistical methods. *International Journal of Climatology*, 29(12), 1850-1861. <https://doi.org/10.1002/joc.1835>
- Yang X., Dong L., & Li C. (2019). Microclimate tourism and microclimate tourism security and safety in China. *Tourism Management*, 74, 110-133. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.12.012>
- Yazdanpanah H., Barghi H., & Esmaili A. (2016). Effect of climate change impact on tourism: A study on climate comfort of Zayandehroud River route from 2014 to 2039. *Tourism Management Perspectives*, 17, 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2015.12.002>
- Yu D.D., Rutty M., Scott D., & Li S. (2021). A comparison of the holiday climate index: beach and the tourism climate index across coastal destinations in China. *International Journal of Biometeorology*, 65(5), 741-748. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01979-w>

Uso de datos de reanálisis climático del ERA5 y el SPI para el estudio de las sequías (1941-1970) en El Hierro (Islas Canarias)

Use of ERA5 Climate Reanalysis Data and SPI for the Study of Droughts (1941–1970) in El Hierro (Canary Islands)

AUTORÍA

**Damián Caballero
Fernández** 

Departamento de Geografía, Universitat de
Barcelona, España.

Ferran Salvador Franch 

Colaborador externo Universitat de Barcelona,
España.

**Pedro Agustín Padrón
Padrón** 

Cabildo Insular de El Hierro, España.

**Montserrat Salvà
Catarineu** 

Departamento de Geografía, Universitat de
Barcelona, España.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.29359>

CITACIÓN

Caballero Fernández, D., Salvador Franch, F.,
Padrón Padrón, P. A., & Salvà Catarineu, M.
(2025). Uso de datos de reanálisis climático del
ERA5 y el SPI para el estudio de las sequías
(1941-1970) en El Hierro (Islas Canarias).
Investigaciones Geográficas, (84), 89-112.
<https://doi.org/10.14198/INGEO.29359>

CORRESPONDENCIA

Damián Caballero Fernández (damian_caballero@ub.edu)

HISTORIA

Recibido: 4 febrero 2025
Aceptado: 16 abril 2025
Publicado: 23 julio 2025
Publicación anticipada: 18 junio 2025

TÉRMINOS

© 2025 Damián Caballero Fernández, Ferran
Salvador Franch, Pedro Agustín Padrón
Padrón, Montserrat Salvà Catarineu

 Este trabajo se publica bajo una
licencia Creative Commons de Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

Se analizan las sequías principales ocurridas en la isla de El Hierro entre 1941 y 1970 utilizando datos pluviométricos del reanálisis climático ERA5 (*ECMWF Reanalysis v5*) y aplicando el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI). Se efectúa un análisis de componentes principales (ACP) de diez variables climáticas del periodo 1947-1949 y un reanálisis climático específico para los años 1947 y 1948, para comprender las causas de la sequía más extrema acontecida durante el periodo analizado. Por otra parte, se validan las estimaciones del ERA5 comparándolas con datos observacionales de ocho estaciones meteorológicas de la red de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Los resultados revelan tres grandes sequías persistentes: 1947-1949, 1960-1962 y 1967-1968, siendo la sequía de 1947-1949 la más intensa de todo el siglo XX, alcanzando valores de SPI12 superiores a -2, asociada a un persistente bloqueo anticiclónico en toda la capa troposférica, coincidiendo con una Oscilación del Atlántico Norte (NAO) positiva. Se concluye que el ERA5 es una herramienta que permite avanzar en el conocimiento de las sequías en periodos con escasos registros, proporcionando una buena base científica para desarrollar estrategias eficaces en la gestión del agua del territorio.

Palabras clave: sequías; ERA5; SPI; reanálisis climático; ACP; El Hierro, Canarias.

Abstract

This study analyzes the major droughts affecting the island of El Hierro between 1941 and 1970, using precipitation data from the ERA5 climate reanalysis (*ECMWF Reanalysis v5*) and applying the Standardized Precipitation Index (SPI). A principal component analysis (PCA) was conducted on ten climate variables for the period 1947–1949, together with a specific ERA5 reanalysis for 1947 and 1948, to investigate the causes of the most extreme drought within the study period. The reliability of ERA5 estimates was assessed by comparing them with observational data from eight meteorological stations in the network of the Spanish State Meteorological Agency (AEMET). The results identify three major persistent droughts: 1947–1949, 1960–1962, and 1967–1968. Among them, the 1947–1949 drought was the most severe of the twentieth century, with SPI12 values below -2. This event was linked to a sustained anticyclonic blocking throughout the tropospheric layer, coinciding with a positive phase of the North Atlantic Oscillation (NAO). The findings

highlight ERA5 for advancing the understanding of drought events in periods with scarce observational records, offering a robust scientific foundation for developing effective water management strategies.

Keywords: droughts; ERA5; SPI; climate reanalysis; PCA; El Hierro, Canary Islands.

1. Introducción

Las sequías constituyen uno de los principales riesgos climáticos a los que se enfrenta la isla de El Hierro (Dorta Antequera, 2007; Martín Fernández, 2009). En El Hierro los riesgos climáticos cobran vital importancia por ser un territorio con ecosistemas singulares y muy vulnerables al calentamiento global (Salvà Catarineu et al., 2014; Caballero Fernández et al., 2022).

Las sequías han dejado huella en la historia socioeconómica de El Hierro, incidiendo en fenómenos como los movimientos migratorios o la producción agrícola y ganadera (Martín Fernández, 2006, 2009). Los bimbaches, sus habitantes aborígenes, conscientes de la escasez de agua en la isla, se adaptaron a este territorio (Abreu Galindo, 1848). En los años de sequía un recurso importante de captación de agua era el mítico árbol garoé capaz de interceptar el agua de niebla a través de sus hojas (Afonso Pérez, 2005). Esta humedad se condensaba en forma de agua, que luego era canalizada hacia albercas (Stone et al., 2004; Sosa Acevedo, 2006).

Con la conquista en el siglo XVI, la falta de agua se acrecentó (Urtusástegui, 2004) como consecuencia de la acelerada antropización del territorio, con la introducción de la ganadería e incremento de la deforestación como principal factor (Martín Fernández, 2009).

Además, la isla de El Hierro presenta dificultades adicionales, de carácter hidrológico, para el almacenamiento superficial del agua. Estos obstáculos se deben a diversos factores como: su accidentada orografía, con fuertes desniveles, lo que limita la superficie de retención del agua (Plan Hidrológico Insular de la Demarcación Hidrográfica de El Hierro [PHIEH], 2023); a sus características edáficas, con suelos generalmente poco profundos, formados sobre materiales recientes, con una alta tasa de infiltración y escasa capacidad de retención de agua, generando ausencia de manantiales de envergadura en la isla (Padrón Padrón et al., 1990); y la notable irregularidad pluviométrica, con períodos de sequía recurrentes (Marzol Jaén & Máyer Suárez, 2012; Caballero Fernández et al., 2023)

Siendo la pluviometría herreña tan escasa e irregular, es esperable la existencia de múltiples episodios de sequía a lo largo de su historia (Martín Fernández, 2009). A partir del análisis bibliográfico, documental y de informes técnicos (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas-Centro de Estudios Hidrográficos [CEDEX-CEH], 2013), así como de publicaciones científicas sobre sequías en El Hierro, otras islas o el archipiélago canario en conjunto (Martín Fernández, 2009; Roldán Verdejo & Delgado González, 1967; Romero Martín & Máyer Suárez, 2002; Marzol Jaén, 2001; Arroyo, 2009 Amador González & Marzol Jaén, 2021), se identificaron las principales sequías registradas hasta 1941 (Tabla 1)

Tabla 1. Sequías notables identificadas en la isla desde el siglo XVI hasta el año 1941

Año	Características
1614	Primera sequía documentada en la isla. Comienza la tradición de la bajada de la virgen de los Reyes para pedir lluvias.
1741	La mayor sequía del siglo XVIII. Tras el retorno de las lluvias, como agradecimiento, se establece oficialmente la bajada de la Virgen de los Reyes cada cuatro años.
1770	Disminuye la producción agrícola y ganadera como consecuencia de la sequía.
1911	Importante emigración de herreños a América debido a la sequía.

Fuente: datos proporcionados por la Biblioteca Nacional de España (BNE) (2024), Arroyo (2009); CEDEX-CEH (2013), Biblioteca Virtual de Prensa Histórica (BVPH) (2024), Maresía (2024) y Martín Fernández (2009) como fuentes principales. Elaboración propia

Conocer en detalle el comportamiento de las sequías a lo largo de la historia de El Hierro es una tarea compleja. Esta área ha sido poco estudiada desde el punto de vista climático, y los registros observacionales disponibles son limitados y de poca calidad (Salvà Catarineu et al., 2016). No obstante, destacan los estudios de Fernández-Pello Martín (1989), Del Arco Aguilar et al., (1996, 1999) y Stierstorfer (2005) como algunos de los pocos trabajos que abordan en profundidad las particularidades del clima herreño.

A su vez, no se han realizado estudios paleo-climáticos específicos sobre el Hierro (National Centers for Environmental Information-National Oceanic and Atmospheric Administration [NCEI-NOAA], 2024) y las reconstrucciones históricas de la precipitación que se han hecho sobre el archipiélago canario no han tenido en cuenta a la isla (García et al., 2003; Burgdorf et al., 2023).

A nivel peninsular, debemos citar los estudios de Olcina Cantos (2001, 2021) los cuales nos han permitido comprender los tipos, causas y consecuencias de las sequías. Asimismo, en el contexto canario, existen diversas investigaciones que abordan tanto la pluviometría como las sequías en las islas, siendo los trabajos de Marzol Jaén (2001), Marzol Jaén y Máyer Suárez (2012) y Amador González y Marzol Jaén (2021) los más reconocidos. Estas investigaciones destacan cómo las sequías son recurrentes, aunque con diferencias interinsulares y por vertientes, agravadas por unas precipitaciones que presentan una fuerte irregularidad y elevada concentración diaria.

De este modo, si bien estudiar las sequías históricas en El Hierro supone un reto, es posible avanzar en su estudio utilizando los datos disponibles. Para este estudio, se empleó el reanálisis climático de ERA5, que destaca por ser la herramienta de modelización con la resolución más fina disponible para analizar las condiciones climáticas en la década de 1940 en la isla de El Hierro. Con una resolución espacial de 0,25 grados, el ERA5 proporciona estimaciones horarias de diversas variables climáticas, incluidas las precipitaciones totales. Desarrollado por el *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), el ERA5 integra datos observacionales, satelitales y otros modelos preliminares, lo que lo convierte en una herramienta crucial y confiable para la investigación climática (Herbasch et al., 2020; Rakhmatova et al., 2021; Kourtis et al., 2023; Torres Vázquez et al., 2023; van der Wiel et al., 2023).

Se seleccionó el periodo 1941-1970 para así ajustarnos a los criterios de normalidad climática de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2017). Esto permitió estudiar la década de 1940, incluyendo la gran sequía de 1947-1949, sobre la que existen testimonios sobre su excepcionalidad (Martín Fernández, 2009). Los datos pluviométricos horarios de la década de los años 1940, estimados por ERA5, se han puesto a disposición del público desde el año 2023 (Hersbach et al., 2023a). Se decidió no alargar el periodo de estudio, debido a que en décadas más recientes existe un catálogo completo de índices de sequía para el territorio en el siguiente enlace: <https://monitordesequia.csic.es/historico/>

En definitiva, esta investigación presenta cuatro objetivos clave: a) identificar periodos de sequía en una etapa muy poco estudiada (1941-1970) aprovechando la disponibilidad reciente de nuevos datos de reanálisis climático del ERA5 (Hersbach et al., 2023a, 2023b, 2023c); b) determinar las causas y factores que desencadenaron la sequía de 1947-1949 ayudándonos de un análisis de componentes principales (ACP) y de un reanálisis climatológico; c) evaluar la severidad, magnitud y duración de las sequías empleando el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), y d) validar el producto ERA5 reanálisis en el área de estudio comparándolo con datos observacionales de ocho estaciones.

Los resultados deberían permitir mejorar la comprensión climatológica de las sequías, así como desarrollar estrategias de adaptación al cambio climático en El Hierro, basadas en un mejor conocimiento del clima del territorio.

2. Metodología

2.1. Área de estudio

El Hierro es la isla más occidental y de formación geológica más reciente (1,12 Ma) de todo el archipiélago canario (Carracedo et al., 1997; Prieto Torrell et al., 2021). Se localiza entre las coordenadas 27°38'-27°50'N y 17°53'-18°09'O (Figura 1) y se caracteriza por su notable singularidad bioclimática, geográfica y paisajística (Salvà Catarineu et al., 2016).

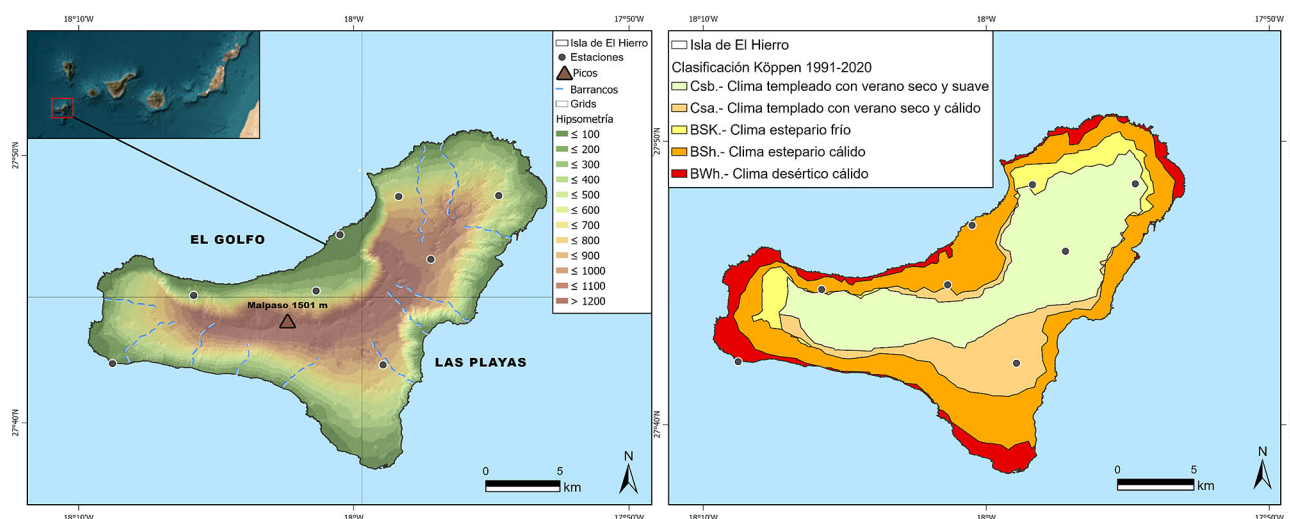
La climatología de la isla se ve influida por los factores termodinámicos de latitudes medias, como la posición de la corriente en chorro y del anticiclón dinámico de las Azores (Del Arco Aguilar & Rodríguez Delgado, 2018). La localización próxima del archipiélago canario al trópico posibilita que sus dinámicas atmosféricas la afecten excepcionalmente. El ciclón Delta de los días 28 y 29 de noviembre de 2005 constituye el ejemplo más paradigmático (Martín León et al., 2005).

En el archipiélago los factores geográficos locales son los que determinan el tipo de clima. La orientación y altitud de El Hierro es muy variada y ello posibilita la existencia de multitud de micro y topoclimas, desde desérticos, esteparios y mediterráneos hasta otros de características oceánicas (Figura 1).

En el territorio predomina la estabilidad atmosférica, con régimen de alisios y marcada inversión térmica. Esta inversión es la responsable de la formación de la nubosidad baja y estratiforme en el norte de la isla.

A finales de otoño, invierno y comienzos de primavera el anticiclón de las Azores suele desplazarse hacia el sur y el oeste y de manera puntual diversos frentes y bajas afectan al territorio. Es durante este periodo que se producen la gran mayoría de las precipitaciones, registrándose cerca del 50% de la precipitación total anual durante la estación invernal (Marzol Jaén & Máyer Suárez, 2012).

Figura 1. Cuadrículas empleadas, localización, relieve y climas presentes en la isla de El Hierro

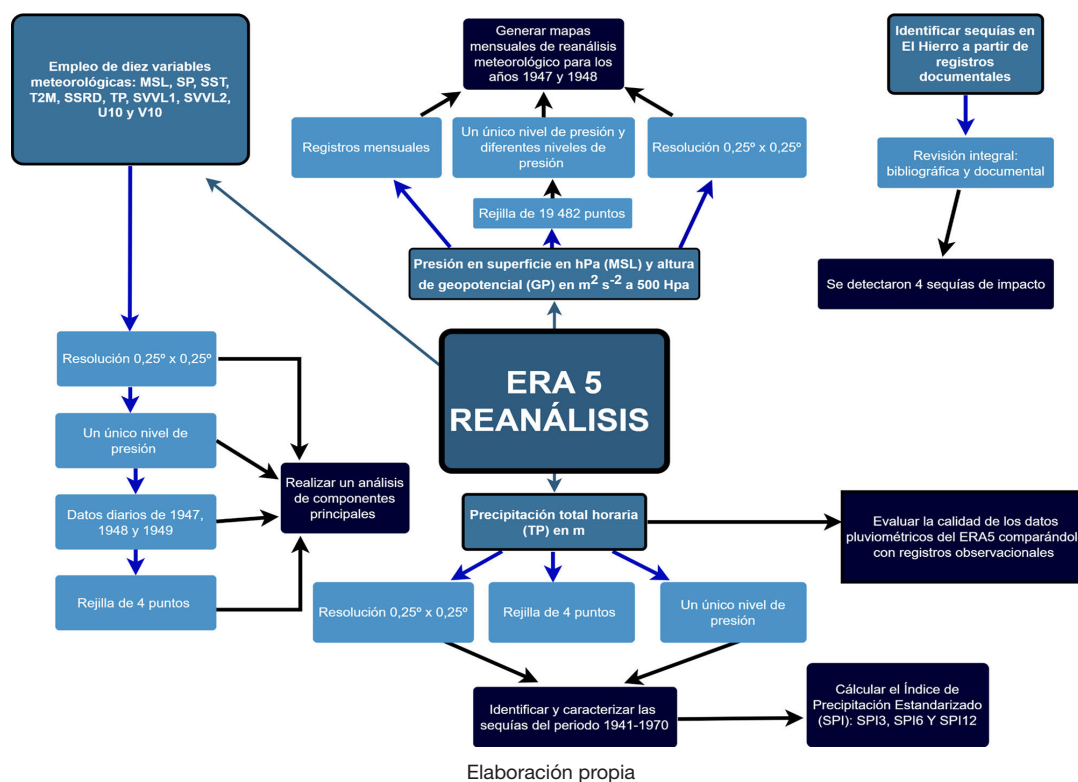


Fuente: Cartográfica de Canarias, S.A. (GRAFCAN) (2023). Elaboración propia

2.2. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo (Figura 2) resume el método utilizado en este estudio. En primer lugar, se llevó a cabo una revisión documental y bibliográfica para identificar las sequías de mayor impacto acontecidas en la isla hasta el comienzo del periodo de estudio en 1941 (Figura 2). A continuación, se procedió a emplear la precipitación total del ERA5 con la intención de comprender la pluviometría de El Hierro y caracterizar sus sequías (Figura 2). Además, se eligieron diez variables meteorológicas clave (Tabla 3) para realizar un análisis de componentes principales (ACP) de los años 1947 y 1948, periodo en el que se registró una sequía severa, así como del año 1949, considerado un año dentro de la media pluviométrica, aunque permanecieran las condiciones de sequía según indicadores como el SPI (Figura 2). Se generaron cuatro mapas de reanálisis, dos para el geopotencial a 500 hPa y otros dos para la presión media en superficie, tanto para el año 1947 como para 1948, con el objetivo de comprender las causas de dicha sequía extrema (Figura 2).

Figura 2. Diagrama de flujo del método empleado



2.3. Análisis pluviométrico

La precipitación total horaria para las cuatro cuadrículas que cubren la superficie de la isla (-18°12' W a -17°87' E y 27°87' N a 27°62' S) fue obtenida a partir del reanálisis climático ERA5 a un único nivel de presión, disponible en:

<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=form>

Esta variable horaria se agregó a nivel mensual, estacional y anual para analizar la evolución de la pluviometría en el área de estudio e identificar los periodos más secos durante los 30 años de la normal climática estudiada (de enero de 1941 a diciembre de 1970). Los datos de precipitación total, originalmente expresados en metros (m), se transformaron a milímetros (mm) multiplicando por 1.000, para facilitar su análisis y comparación. Todo este proceso se llevó a cabo utilizando el entorno de desarrollo integrado Rstudio, versión 2023.12.1+402, y se emplearon para el análisis de datos paquetes como *TIDYVERSE* (Wickham, 2023), *DPLYR* (Wickham et al., 2023) y *SP* (Pebesma et al., 2024).

2.4. Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)

Identificar y caracterizar las sequías es, sin duda, un proceso complejo, con resultados que pueden variar dependiendo del método utilizado (Asadi Zarch et al., 2015; Ullah et al., 2022). La elección del índice apropiado se realiza considerando la disponibilidad de datos, las características climáticas y medioambientales del área en estudio, así como los objetivos específicos de la investigación (Sun et al., 2018; Seka et al., 2022).

Entre los índices más ampliamente empleados y reconocidos, como el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y el Índice Estandarizado de Evapotranspiración y Precipitación (SPEI), se optó por el primero debido a su simplicidad en el cálculo, por ser el recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2012) y por su consistencia en los resultados (Mathbout et al., 2021; Kourtis et al., 2023).

El SPI se calculó en escalas de 3, 6 y 12 meses con el fin de detectar sequías meteorológicas. Para este propósito, se utilizó el paquete *SPEI* (Beguería & Vicente Serrano, 2023), aplicando una distribución gamma cuya fórmula fue propuesta por McKee et al. (1993). Esta fórmula transforma la distribución de la precipitación acumulada durante un período específico en una distribución normal. La severidad de la sequía se evaluó mediante la siguiente fórmula:

$$DM = - \sum_{j=1}^x SPI_{ij}$$

DM: magnitud de la sequía

x: duración de la sequía

SPI_{ij}: Mvalor del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) para cada mes *j* desde el inicio de la sequía hasta su fin.

Tabla 2. Interpretación de los resultados SPI

Índice	Interpretación resultados
≥ 2,0	Extremadamente húmedo
1,5 a 1,99	Muy húmedo
1,00 a 1,49	Moderadamente húmedo
0 a 0,99	Situación de normalidad (ligeramente húmedo)
0 a -0,99	Situación de normalidad (ligeramente seco)
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Muy seco
≤ -2,0	Extremadamente seco

Fuente: datos de Kourtis et al., 2023. Elaboración propia

En lo relativo a las sequías persistentes, se han considerado como tales cuando los valores de SPI12 son iguales o están por debajo al valor -1 durante al menos tres meses consecutivos y la racha no finaliza hasta que se alcanzan valores superiores a cero durante al menos tres meses consecutivos. Dicha decisión se ha tomado en base a los estudios existentes sobre la interpretación de los índices SPI y a las características climáticas del territorio (Naresh Kumar et al., 2009; Park et al., 2018; Ruiz Álvarez et al., 2021).

2.5. Análisis de componentes principales (ACP) y mapas de reanálisis

Se utilizaron diez variables meteorológicas de los años 1947, 1948 y 1949. Estas variables se obtuvieron para cuatro cuadrículas que abarcan la superficie total de El Hierro (-18°12' W a -17°87' E y 27°87' N a 27°62' S) a escala horaria del ERA5 a un único nivel de presión, desde el siguiente enlace:

<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=form>

Las diez variables descargadas fueron seleccionadas tras revisar la literatura sobre las variables meteorológicas más relevantes para el estudio de las sequías (Park et al., 2018; Tadić et al., 2021; Zheng et al., 2022). A continuación, se presenta la tabla de las variables clave seleccionadas del ERA5 para el análisis de componentes principales (ACP):

Tabla 3. Variables claves seleccionadas del ERA5 para el Análisis de Componentes Principales (ACP)

Abreviatura de la variable (en inglés)	Significado
MSL	Presión media a nivel del mar en pascales (Pa)
SP	Presión en superficie en pascales (Pa)
SST	Temperatura superficial del mar en Kelvin (K)
T2M	Temperatura a dos metros de la superficie en kelvin (K)
TP	Precipitación total en metros (m)
SSRD	Radiación solar descendente en julios por metros cuadrado (J m ²)
SVVL1	Espesor volumétrico del volumen del agua en el suelo en capa 1 en metros cúbicos por metro cúbico (m ³ m ⁻³)
SVVL2	Espesor volumétrico del volumen del agua en el suelo en capa 2 en metros cúbicos por metro cúbico (m ³ m ⁻³)
U10	Componente U del viento a 10 metros en metros por segundo (m s ⁻¹)
V10	Componente V del viento a 10 metros en metros por segundo (m s ⁻¹)

Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

Para llevar a cabo el Análisis de Componentes Principales (ACP), se empleó la función *prcomp()* y el paquete *PSYCH* (Revelle, 2024) para calcular el Test Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), el cual permite evaluar la idoneidad de realizar un ACP (Mathbout et al., 2021). Los resultados de este test fueron aceptables, con un valor de 0,6, teniendo en cuenta la complejidad del fenómeno y la cantidad de variables que pueden influir en las sequías (Kaiser & Rice, 1974). Las variables se escalonaron con el objetivo de hacerlas comparables entre sí (Mathbout et al., 2021).

El ACP se utilizó para explicar la variabilidad de los datos y reducir su dimensionalidad. Además, se generaron mapas mensuales de presión media en superficie y altura geopotencial a 500 hPa para los años 1947 y 1948, con el fin de comprender las causas de las sequías e interpretar los resultados del ACP. Estos mapas se obtuvieron del reanálisis de ERA5 a escala mensual, utilizando 19.482 puntos desde -50° W hasta -10° E y desde 50° N hasta 20° S, tanto a un único nivel de presión como a varios niveles de presión (500 hPa). Los datos se descargaron de los siguientes enlaces:

Varios niveles de presión: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels-monthly-means?tab=form>

Un único nivel de presión: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels-monthly-means?tab=overview>

2.6. Control de calidad de los registros observacionales

Con el propósito de evaluar y validar los datos proporcionados por ERA5, se llevaron a cabo comparaciones con los registros pluviométricos de ocho estaciones facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). La primera estación meteorológica en la isla fue instalada en 1936 en Valverde. No obstante, se trata de observaciones incompletas que finalizan abruptamente en 1939 con el estallido de la Guerra Civil. Los primeros registros continuados comienzan en 1945 en el Faro de Punta-Orchilla (Tabla 4), seguida por la estación de Guarazoca en 1948 (Del Arco et al., 1996). A partir del año 1948 cinco estaciones más se instalan en el territorio: Sabinosa, El Pinar-Taibique, Mocanal, Matorral-Aguanueva y Erese. Asimismo, a partir

de este año la estación de Valverde vuelve a entrar en funcionamiento. No obstante, en general se trata de observatorios que presentan importantes ausencias de datos y con registros de poca calidad. Por ello, solo se emplearán sus registros para analizar el año 1948, cuando tiene lugar el momento álgido de la mayor sequía del siglo XX en la isla (Figura 3). De entre las estaciones anteriores, no se pudieron emplear la estación de Mocanal ni Erese por presentar ausencias superiores al 80% en sus datos totales (Tabla 4).

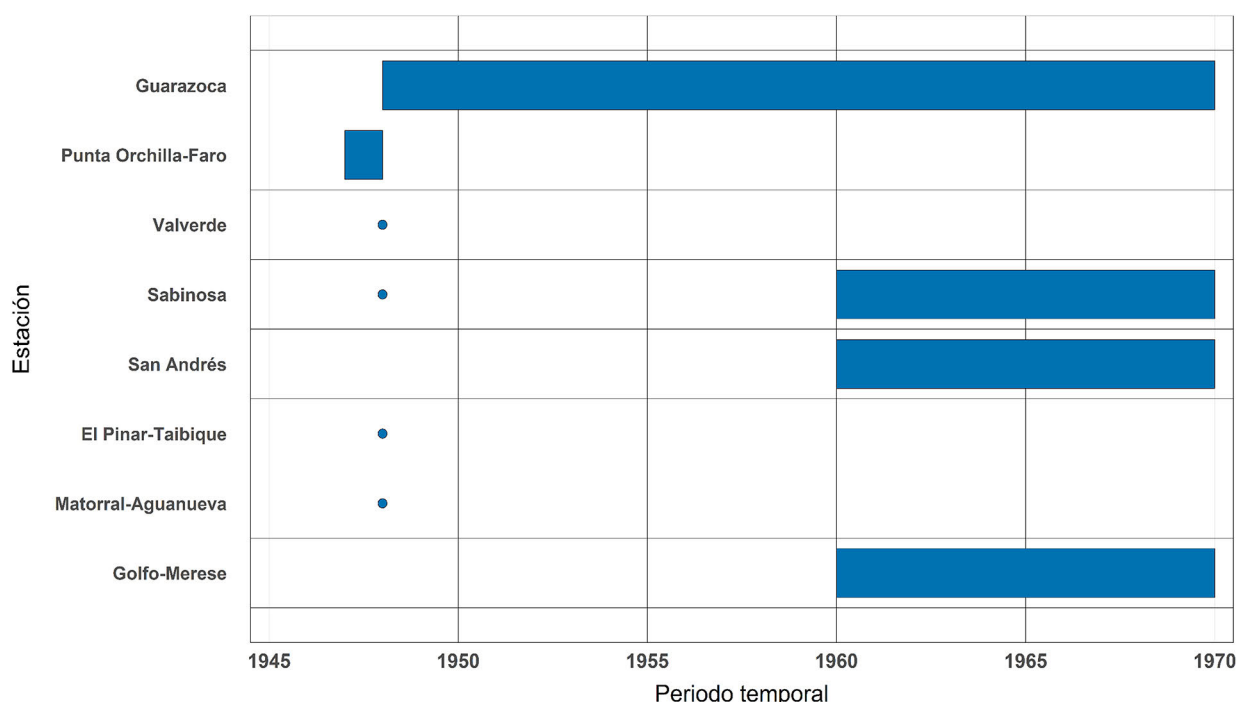
En el año 1959, aparecen otras cinco estaciones en el territorio: San Andrés, Valverde-Tiñor, Valverde-Puerto Estaca, Encinada-Tamaduste y Golfo Merese. De entre todas ellas, los únicos datos pluviométricos empleados para validar el modelo en la década de los 60, incluido el año 1970, fueron San Andrés y Golfo Merese. Asimismo, los registros de la estación de Sabinosa de la década de los 60 fueron también incorporados por disponer de una buena calidad de registros (Tabla 4).

Tabla 4. Datos básicos de las estaciones empleadas

Estaciones	Altitud (m)	Coordenadas	Años empleados
Guarazoca	585	27°48'28"N; 17°58'22"W	1948-1970
Punta Orchilla-Faro	108	27°42'23"N; 18°08'49"W	1947-1948
Valverde	540	27°48'30"N; 17°54'44"W	1948
Sabinosa	299	27°44'46"N; 18°05'49"W	1948/1960-1970
San Andrés	1.040	27°46'07"N; 17°57'12"W	1960-1970
El Pinar-Taibique	845	27°42'10"N; 17°58'56"W	1948
Matorral-Aguanueva	92	27°46'49"N; 18°00'26" W	1948
Golfo-Merese	290	27°44'56"N; 18°01'22"W	1960-1970

Fuente: datos proporcionados por la AEMET. Elaboración propia

Figura 3. Periodo temporal analizado por estación. Los puntos representan años únicos y las barras periodos continuos



Fuente: datos proporcionados por la AEMET. Elaboración propia

Por otra parte, a las dos únicas estaciones, Punta Orchilla-Faro y Guarazoca, que presentan registros pluviométricos casi completos durante todo el periodo de interés (1945-1965/1948-1970) se aplicaron dos pruebas de homogeneidad: el Test de von Neumann (von Neumann et al., 1941) y el Test de SNHT (Alexandersson, 1986), utilizando el paquete *TREND* (Pohlert, 2023). Los resultados, evaluados con un nivel de confianza del 95%, arrojaron resultados mixtos, como se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5. P-valor de los registros pluviométricos de las estaciones de Guarazoca y Punta Orchilla.
Los registros no homogéneos están en negrita

Estaciones	Test de Von Neumann	SNHT test
Guarazoca	0,005	0,0012
Orchilla	0,001	0,024

Elaboración propia

Debido a los problemas de homogeneidad de Punta Orchilla se optó por utilizar únicamente los datos de los años 1947 y 1948. En contraste, los datos de la estación de Guarazoca mostraron una mejor calidad, posibilitando el uso de sus registros para un periodo de casi treinta años (1948-1970).

Para la homogenización y detección de valores anómalos, se empleó el paquete CLIMATOL (Guijarro, 2018, 2024), completando lagunas de información puntuales en las ocho estaciones analizadas (Tabla 6). Los resultados obtenidos para el periodo 1947-1970 respaldan la conveniencia de utilizar registros de años específicos, salvo el caso de Guarazoca. Aunque los datos de Punta Orchilla, mejoran con la homogenización, la gran cantidad de datos faltantes y la baja calidad de las series hacen poco recomendable su uso para periodos temporales largos.

Tabla 6. Principales estadísticas de calidad de los datos climáticos

Estaciones	Datos faltantes (%)	Datos originales conservados (%)	Error cuadrático medio	SNHT test
Guarazoca	4,51	95,00	22,00	4,80
Punta Orchilla-Faro	26,71	73,00	15,10	7,10
Valverde	53,47	46,00	28,50	7,30
Sabinosa	46,87	53,00	16,80	2,10
San Andrés	53,12	46,00	23,60	6,50
El Pinar-Taibique	42,01	57,00	35,70	4,70
Matorral-Aguanueva	88,54	11,00	37,30	3,60
Golfo-Merese	53,47	45,00	18,10	1,20

Fuente: datos proporcionados por CLIMATOL. Elaboración propia

3. Resultados

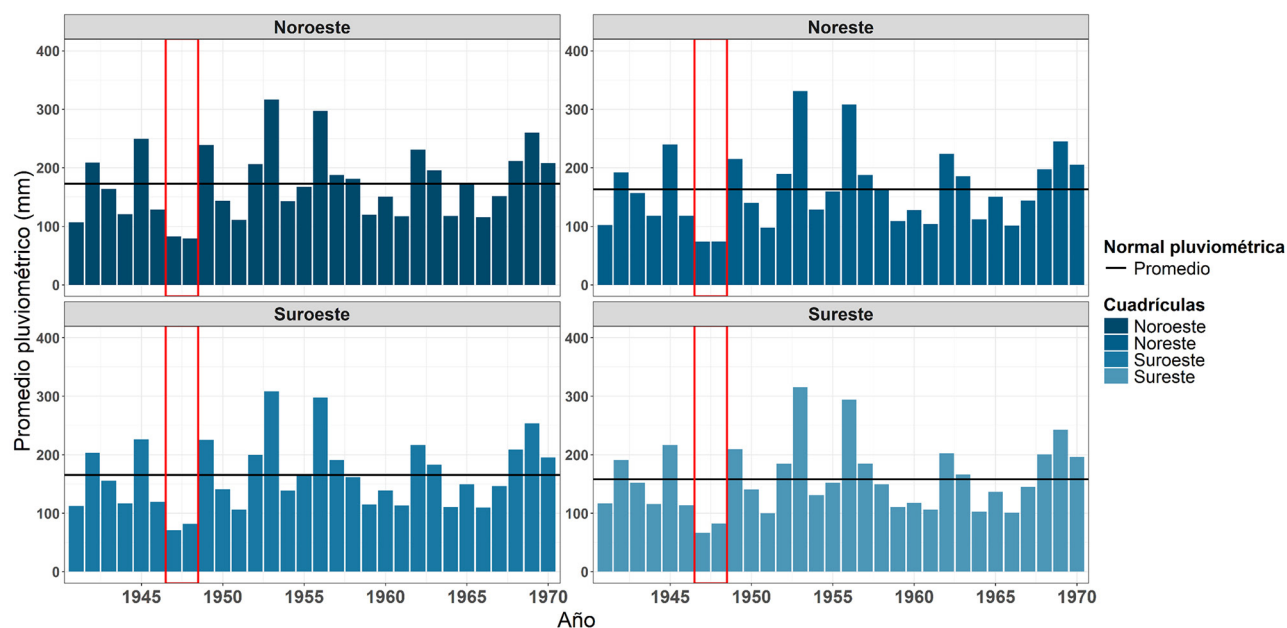
3.1. Caracterización y evolución interanual de las precipitaciones totales

Las estimaciones pluviométricas en la isla durante el periodo de 1941 a 1970 presentan un comportamiento muy irregular. En las cuatro cuadrículas de estudio, las estimaciones de precipitación variaron, desde los más de 331 mm hasta totales inferiores a los 100 mm (Figura 4). Las áreas con orientación norte registraron una mayor cantidad de lluvia, con un promedio de 174 mm en la cuadrícula noroeste. Por el contrario, la sureste mostró la menor precipitación, con un promedio de 159 mm durante el mismo período (Figura 4).

Los valores pluviométricos durante el periodo 1947-1948 fueron excepcionalmente bajos, con registros inferiores a 70 mm en las vertientes sureste y suroeste en 1947, y alrededor de 80 mm en 1948. En las vertientes noreste y noroeste, la precipitación osciló entre 70 y 80 mm durante este mismo período. Solo 1951 vuelve a presentar valores inferiores a los 100 mm, con 98 y 99 mm en dos *grids* (Noreste y Noroeste). Se observa una frecuencia media de años con valores alrededor de los 100 mm $\pm$ 5 mm, ocurriendo aproximadamente cada 7,5 años en alguna de las cuadrículas analizadas. La probabilidad de experimentar dos años consecutivos con precipitaciones inferiores a 100 mm en El Hierro es de apenas un 0,03%, y es aún más poco frecuente, del orden de 0,0000002%, tener dos años consecutivos, como el periodo 1947-1948, con precipitaciones inferiores a 100 mm en todas las cuadrículas estudiadas. Este periodo se caracterizó por su excepcionalidad, siendo conocido como el “año de la seca”, “la seca del 48” o el “año sin lluvias” (Martín Fernández, 2009). Estas condiciones naturales adversas se vieron agravadas por un contexto socioeconómico difícil, marcado por la posguerra, la represión franquista y la autarquía económica (Acosta Padrón, 2003). Estos datos desafián la percepción subjetiva general de la población que experimentó el episodio (Izagirre, 2021). Contrario a la creencia común, según estas estimaciones el año 1948 no fue considerablemente más seco que el año

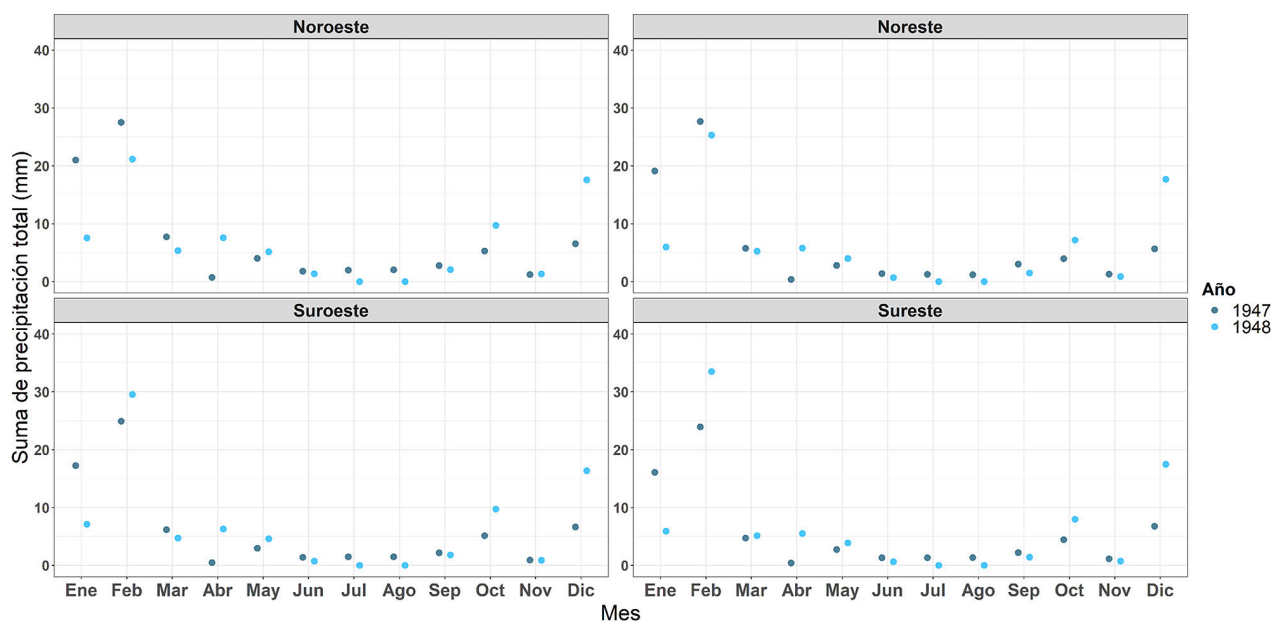
1947; de hecho, ocurrió lo opuesto, con la salvedad de la cuadrícula noroeste, aunque con una diferencia mínima (Figura 5).

Figura 4. evolución de las precipitaciones interanuales en el periodo de estudio



Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

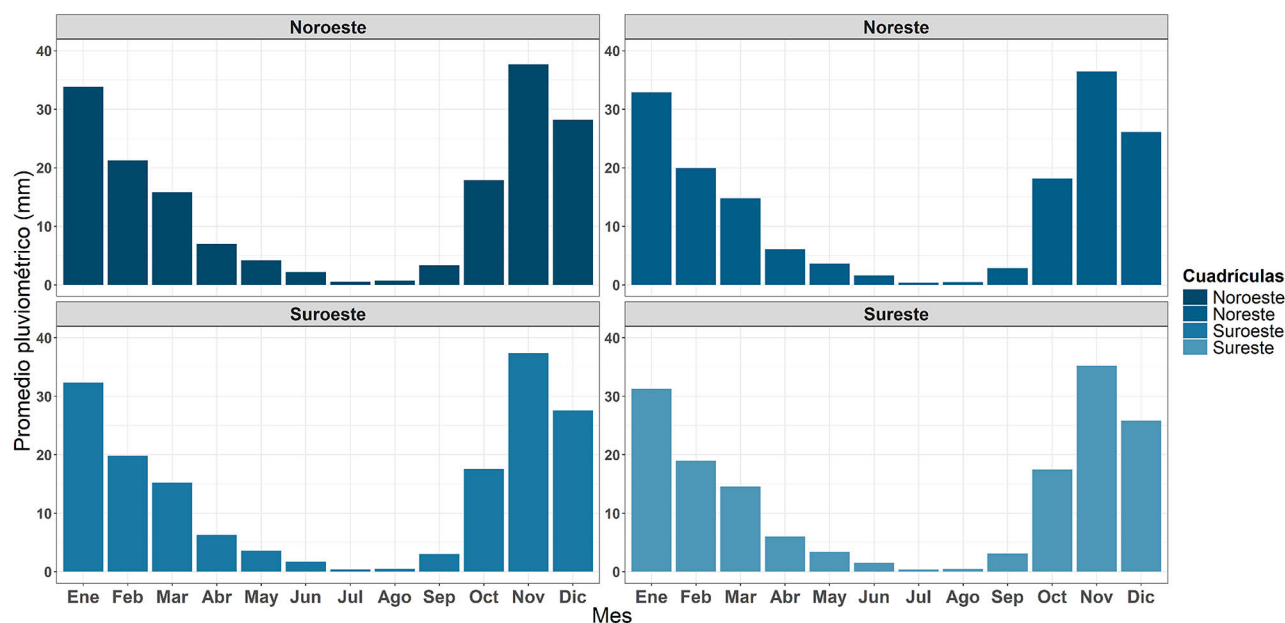
Figura 5. Comparación entre las precipitaciones mensuales registradas entre 1947 (azul oscuro) y 1948 (azul claro)



Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

A una escala mensual y estacional (Figura 6), el mes de noviembre es el que registra más precipitación y el invierno es la estación más lluviosa seguida del otoño. Los porcentajes de concentración en estas dos estaciones son superiores al 80% del total en todas las cuadrículas. En esta época, se producen situaciones sinópticas que desencadenan precipitaciones en Canarias, como la llegada de frentes asociados a borrascas de latitudes medias o descuelgues de aire frío que se inestabilizan por su base al descender de latitud, pudiendo generar Depresiones Aisladas en Niveles Altos (DANAs) o incluso Borrascas Frías Aisladas (BFA), las cuales pueden desencadenar precipitaciones importantes (Marzol Jaén, 1987; Gallego Puyol et al., 2002). En contraposición, los meses de verano presentan acumulados de precipitación prácticamente nulos, consecuencia del ascenso latitudinal e intensificación del anticiclón de las Azores. (Figura 6).

Figura 6. Promedio pluviométrico mensual por cuadrículas



Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

3.2. Identificación, caracterización y severidad de las sequías

El cálculo del SPI para las precipitaciones totales estudiadas arroja resultados similares en todas las cuadrículas que cubren El Hierro. Para simplificar la presentación de los resultados, nos centraremos en los índices de la cuadrícula noroeste, ya que a este nivel de resolución las diferencias entre cuadrículas son mínimas, lo que generaría resultados repetitivos (Figura 7).

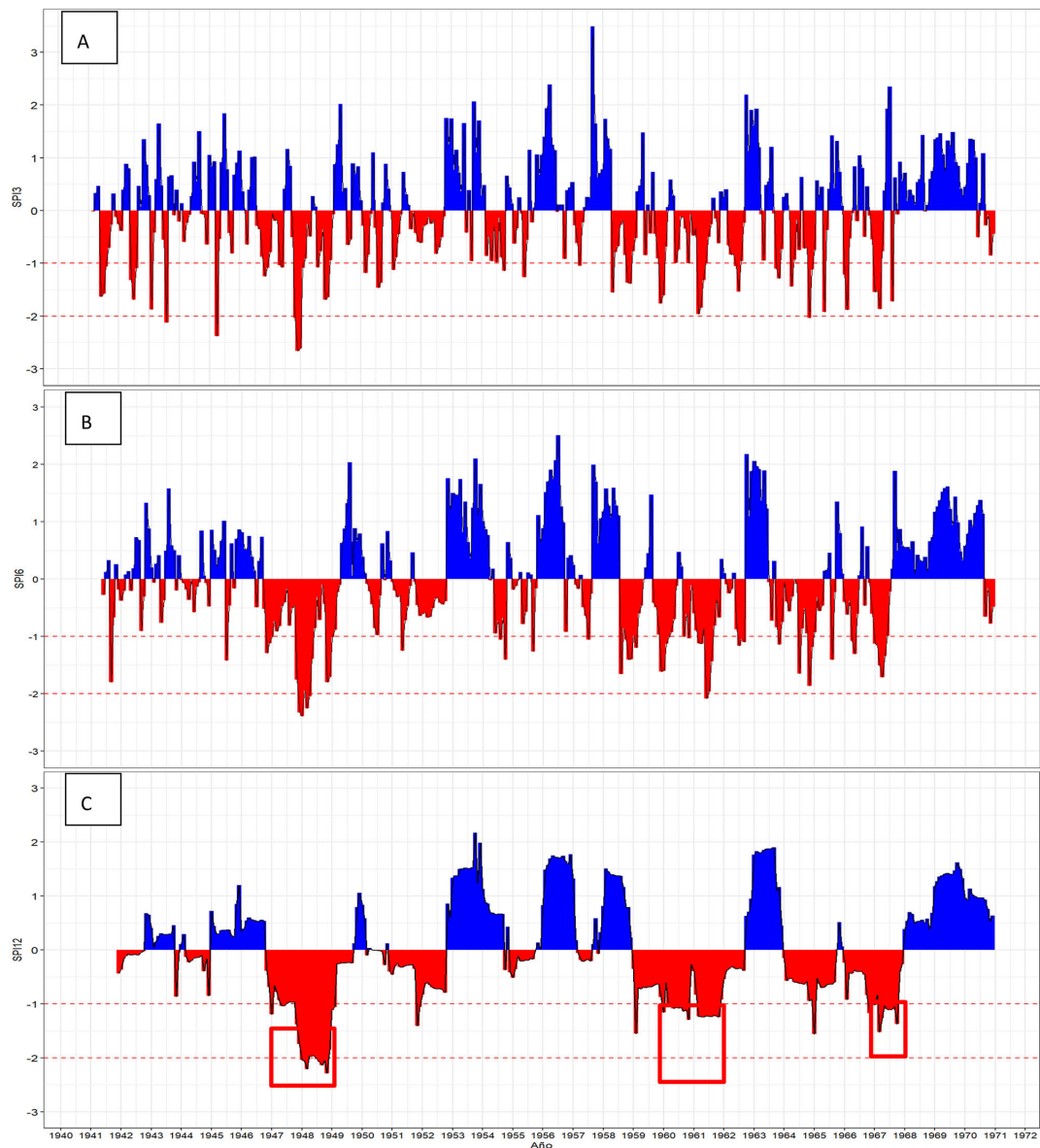
Los SPI3, SPI6 y SPI12 revelan cómo los periodos secos y húmedos se suceden en la isla de manera abrupta y sin pauta definida (Figura 7).

Los gráficos A y B de la figura 7 muestran que las sequías meteorológicas son habituales en la isla, siendo un rasgo característico de su clima. Tanto para el SPI3 como para el SPI6, aproximadamente el 14% de los meses muestran valores de -1 o menores. De promedio, se alcanza esta cifra cada siete meses. En la tabla 7 se recopilan aquellos meses en los que se alcanzaron valores inferiores a -1 para SPI12, alcanzándose, de promedio, cada 3 años estos valores, y por tanto produciéndose una sequía destacable

En cuanto a las sequías de larga duración, el análisis del SPI12 permite afirmar que el primer período corresponde al 1947-1949, donde se produce la sequía de mayor magnitud, la más intensa y de mayor duración del periodo estudiado. En mayo de 1947 los valores rondan la cifra de -1, aunque estrictamente no se puede dar por iniciado este episodio excepcional hasta noviembre de 1947, llegando incluso a índices de -1,74 en el mes de diciembre. En 1948, ocho de los doce meses presentan valores inferiores a -2, alcanzando intensidades de -2,30, evidenciando la severidad y excepcionalidad de esta sequía. La fuerte escasez de precipitaciones en 1947 y su persistencia durante el 1948 explican estas magnitudes. No se supera el umbral de -1 hasta marzo de 1949 y no podríamos dar por acaba esta prolongada sequía hasta finales de 1949, cuando se suceden tres meses consecutivos con un índice superior a 0. Este episodio coincide con testimonios de la población local que resaltan la severidad del mismo (Martín Fernández, 2009). Los datos del SPI12 proporcionados por la Base de datos Históricas de índices de sequía meteorológica de España (Vicente Serrano et al., 2017; Reig et al., 2024) disponibles para el periodo 1961-2022 indican que no se ha registrado una sequía comparable desde entonces en El Hierro, excepto en el periodo 1994-1996, aunque de menor magnitud (Reig et al., 2024). Esta sequía en El Hierro coincide con un importante episodio de sequía en la Península (Olcina Cantos, 2001).

Después de una década de los 50 especialmente lluviosa, se inicia otra sequía prolongada en marzo de 1960, que se extiende hasta diciembre de 1962. No alcanza la intensidad, ni magnitud ni duración de la anterior, pues registra valores de -1 a -1,2 e incluso meses cercanos a cero (como diciembre de 1960) pero es persistente.

Figura 7. A) Índice de precipitación estandarizado (SPI3) para el noroeste de la isla de El Hierro. B) (SPI6) C) (SPI12)



Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

Tabla 7. Periodos con índices iguales o superiores a -1 para el SPI12

Episodio SPI12	Valor máximo
Enero, mayo, junio, noviembre y diciembre de 1947	-1,74
Todo el año 1948	-2,30
Enero y febrero de 1949	-1,11
Noviembre y diciembre de 1951	-1,40
Febrero de 1959	-1,54
Enero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre de 1960	-1,30
Marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre de 1961	-1,24
Enero de 1965	-1,55
Noviembre de 1966	-1,16
Enero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre 1967	-1,51

Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

La última sequía prolongada ocurre de marzo de 1967 hasta marzo de 1968. Es menos persistente que las anteriores, pero es intensa, llegando a superar el valor de -1,5 en 1967.

A continuación, se resumen las características y sequías más persistentes identificadas (Tabla 8):

Tabla 8. Sequías persistentes identificadas

Episodio SPI12	Valor máximo
Noviembre de 1947-diciembre de 1949	-2,30
Marzo 1960- diciembre 1962	-1,23
Marzo 1967- marzo 1968	-1,51

Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

Dada la excepcionalidad de la sequía del periodo 1947-1949, que tuvo importantes repercusiones socioeconómicas en la isla (Martín Fernández, 2009), se profundizará en comprender que la provocó mediante la realización de un ACP y un reanálisis climático.

3.3. Análisis de componentes principales y reanálisis climático de la gran sequía 1947-1949

El análisis de componentes principales efectuado para el conjunto de las cuatro cuadrículas que cubren El Hierro, revela como el comportamiento de las diez variables meteorológicas analizadas en los años 1947-1948 presentan un comportamiento singular en comparación a 1949, año dentro de la media climática, aunque persistan las condiciones de sequía según el índice SPI12 (Figura 8).

Los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP) muestran que, en la dimensión uno de dicho índice, las temperaturas a dos metros de la superficie y la temperatura de la superficie del mar, además de presentar una fuerte correlación positiva, fueron las variables que más contribuyeron a explicar la variabilidad de los datos. Por otro lado, en la segunda dimensión, son la presión en superficie y la presión media en superficie las que más contribuyeron. La aparición de estas variables en la parte superior de los gráficos evidencia que su influencia fue positiva. La longitud y la intensidad del color muestran la importancia de estas variables en el análisis de componentes. Sin embargo, pese a emplear diez variables meteorológicas, entre las dos dimensiones antes comentadas, suman el 45-47% del total de la explicación de la variabilidad total, lo que evidencia la complejidad del fenómeno estudiado.

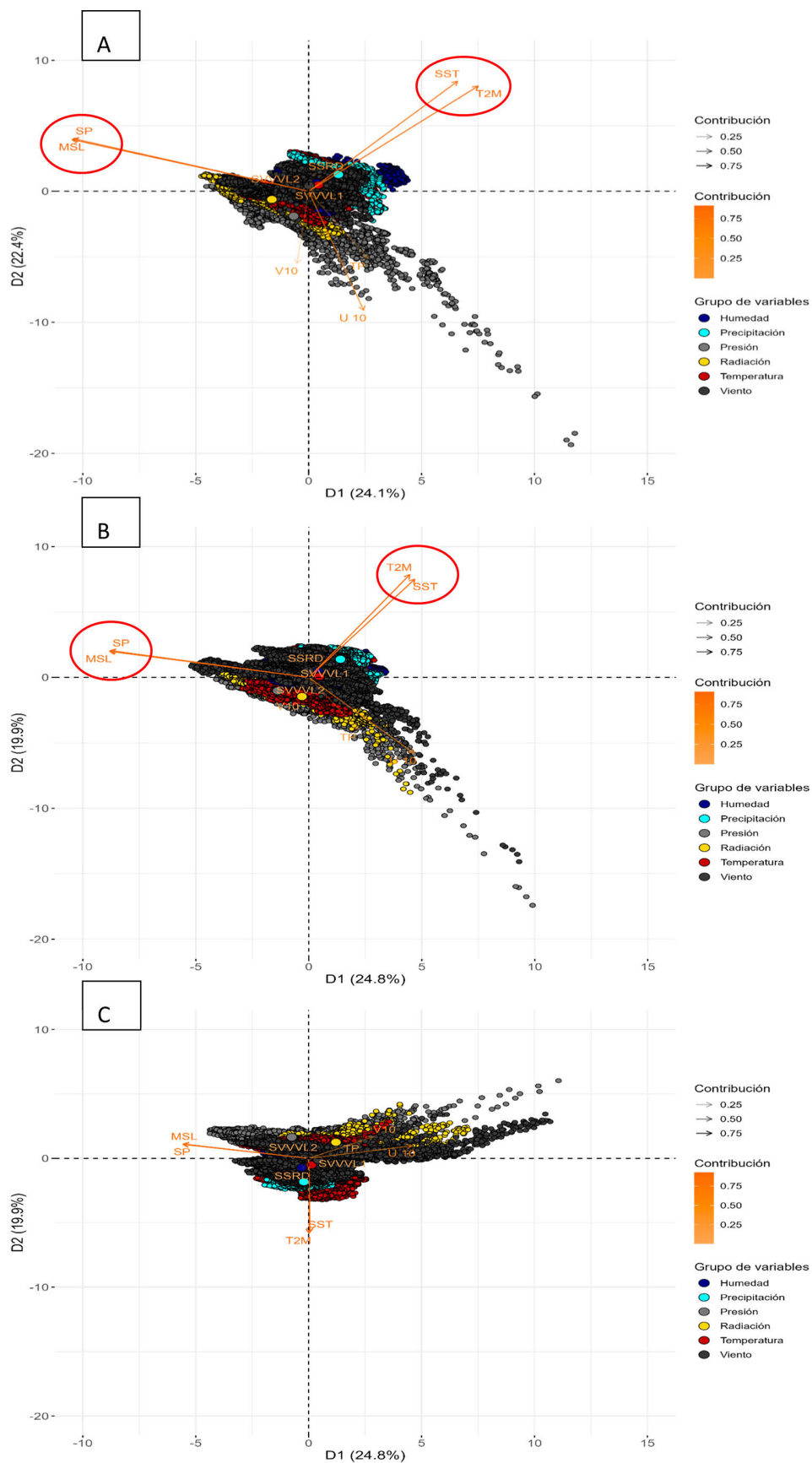
Los resultados del ACP sugieren que fue un período, tanto con altas presiones atmosféricas, como de temperaturas elevadas, lo que nos lleva a intuir que estuvieron dominados por situaciones de subsidencia de aire (anticiclónicas), algo que se comprobará con el estudio de los mapas de reanálisis generados (Figuras 9 a 12).

El mapa de reanálisis de presión media mensual en superficie del año 1947, indica como el año comenzó con una configuración sinóptica invernal habitual, con el anticiclón de las Azores retirado hacia el oeste posibilitando la llegada de frentes de latitudes medias al archipiélago. Sin embargo, a partir de febrero de 1947 tiende a centrarse sobre Canarias, dificultando la llegada de las lluvias a las islas. En abril el Anticiclón azoreño se refuerza generando una situación de bloqueo persistente durante el resto del año. El centro de este anticiclón, con leves desplazamientos, se encontrará al oeste de la Península Ibérica (Figura 9). Dicha configuración es coherente con el comportamiento pluviométrico existente en la Península Ibérica, en el que también se registró una importante sequía peninsular (Olcina Cantos, 2001). La persistencia del alta subtropical durante los meses invernales y otoñales privó al archipiélago del periodo en el que se producen el 80% de las precipitaciones. A su vez, el sustento de la fuerza de este bloqueo anticiclónico se ve respaldado por el mapa de altura geopotencial a 500 hPa (Figura 10)

El mapa a 500 hPa evidencia como el año comenzó con una situación sinóptica propia de la estación, con un *jet stream* fuerte, recto y bajo de latitud. A media que avanza el año, la corriente en chorro se meandrifica, generando curvas cerradas, quedando el archipiélago afectado permanentemente por las altas presiones. Esto permitió aportar estabilidad a toda la capa troposférica, donde predomina la subsidencia de aire, favoreciendo un bloque intenso, duradero y persistente sobre las islas.

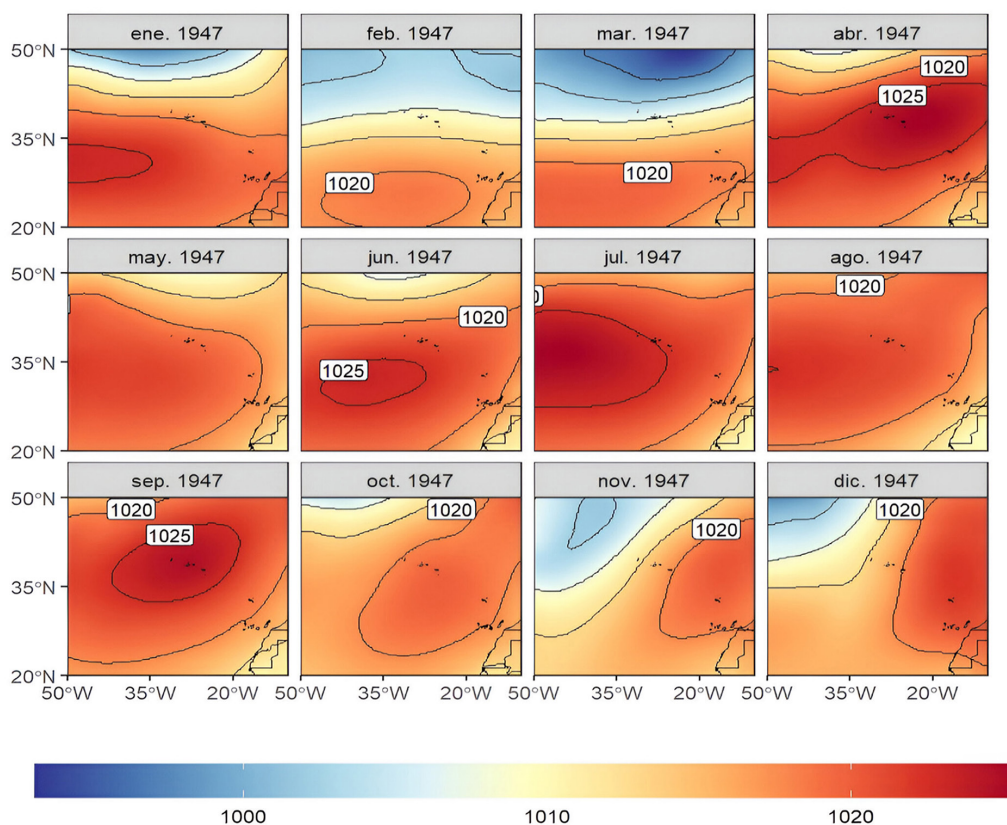
Lo más sorprendente, es que esta disposición sinóptica continuó en 1948, reforzándose más el anticiclón en superficie y centrándose todavía más sobre el archipiélago (Figura 11).

Figura 8. A) análisis de componentes principales (ACP) aplicado a diez variables clave en El Hierro durante el año 1947. B) durante el año 1948. C) durante el año 1949.



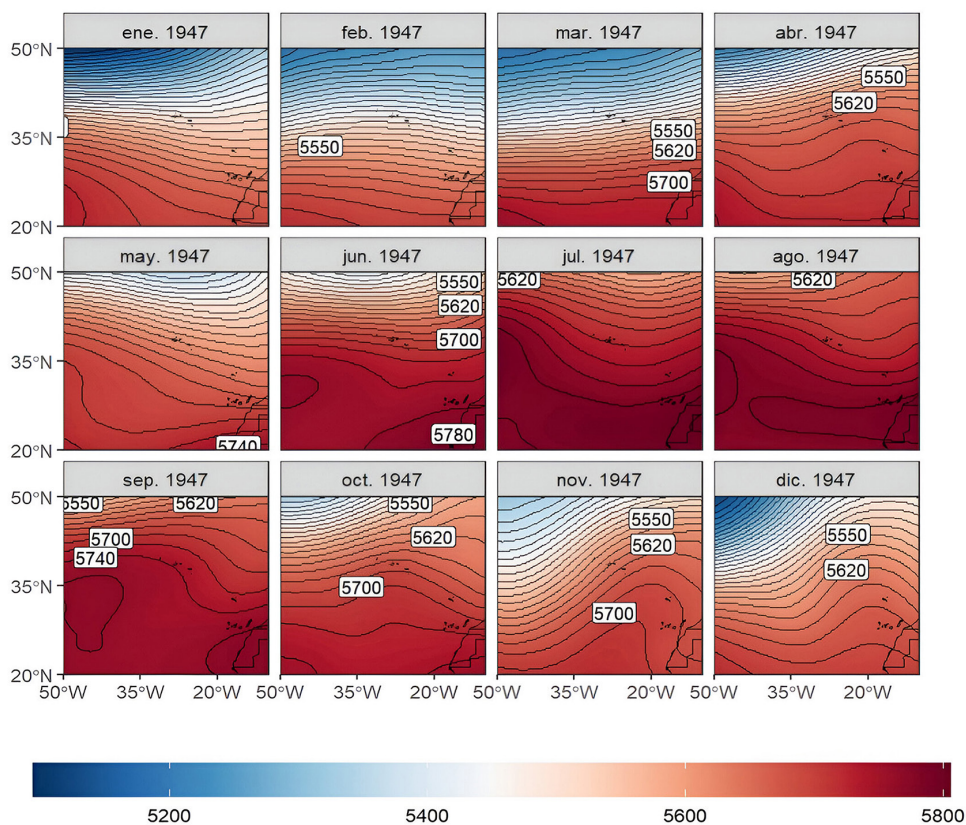
Fuente: Datos del ERA5. Elaboración propia

Figura 9. Presión media mensual a nivel del mar (hPa) durante el año 1947



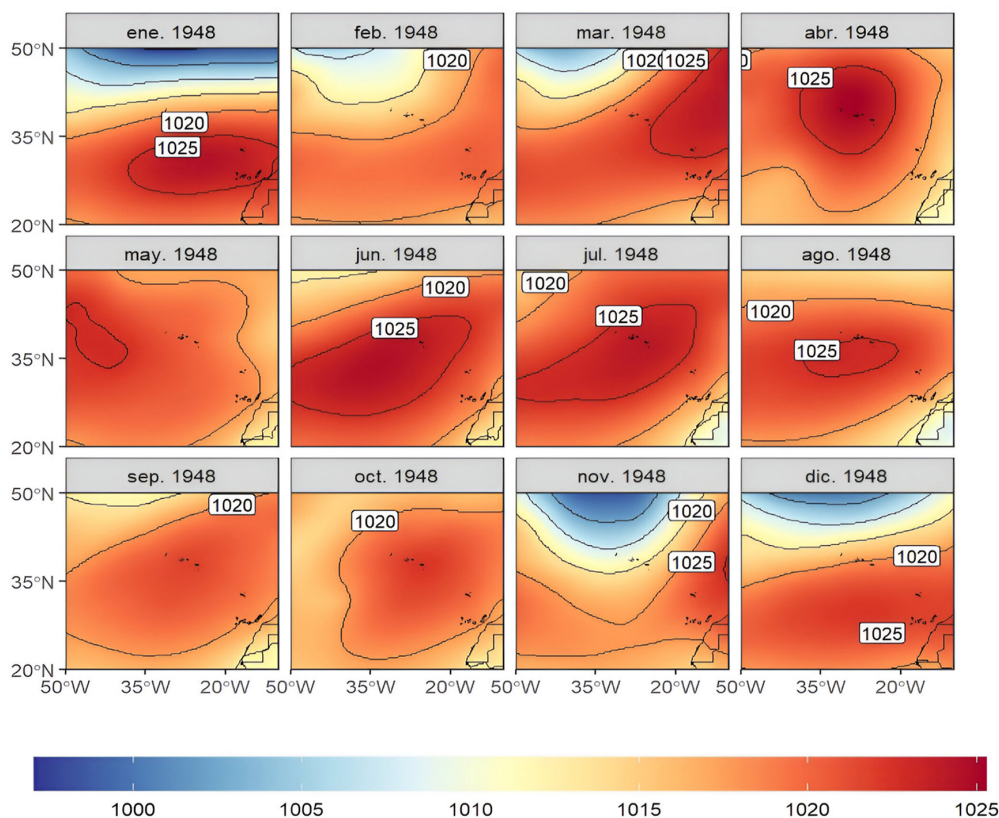
Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

Figura 10. Media mensual de altura de geopotencial a 500 hPa durante el año 1947



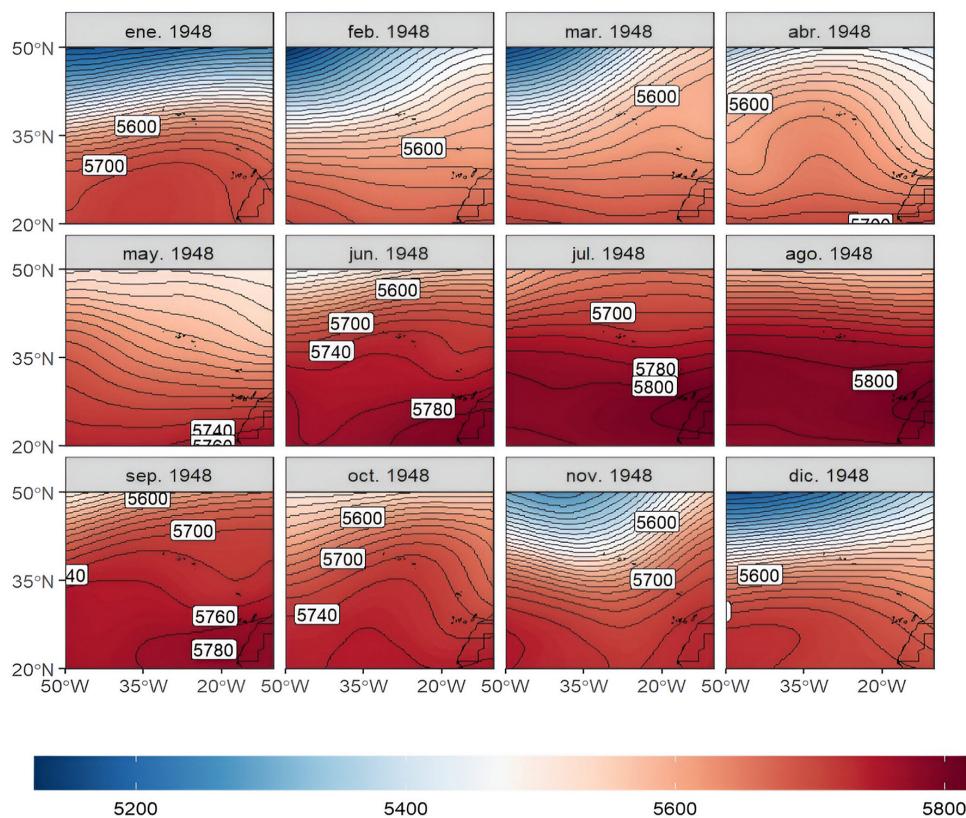
Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

Figura 11. Presión media mensual a nivel del mar (hPa) durante el año 1948



Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

Figura 12. Media mensual de altura de geopotencial a 500 hPa durante el año 1948



Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

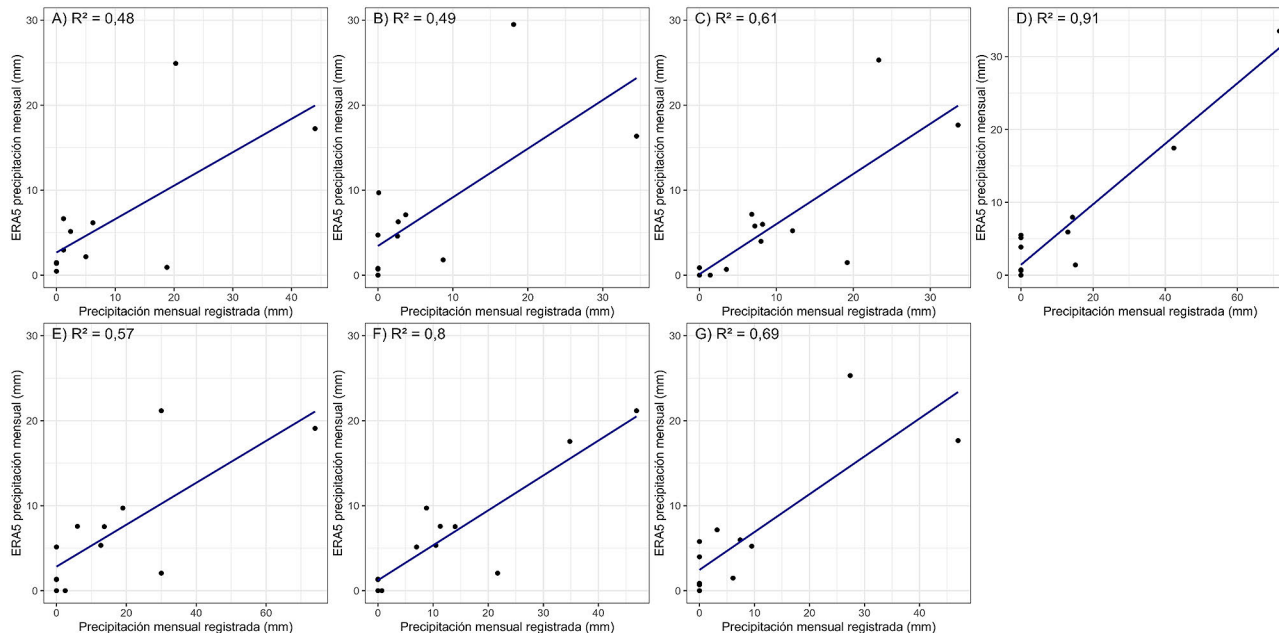
En altura, a 500 hPa, durante el año 1948 (Figura 12) el anticiclón continuó teniendo reflejo, aportando sustento a las altas presiones superficiales. Las condiciones sinópticas no volvieron a una situación habitual hasta finales de 1948, con un debilitamiento del anticiclón en superficie y un desplazamiento de la alta presión en altura hacia el oeste. El comportamiento de los factores termodinámicos comentados es coherente con el comportamiento pluviométrico apreciado en la isla (Figura 5). Los dos únicos meses donde se rompe el bloqueo de manera temporal (febrero y diciembre de 1948) son los únicos que registran una precipitación significativa en la isla (Figuras 11 y 12).

Respecto a las tele-conexiones climáticas que nos permiten explicar esta persistente situación anticiclónica sobre el archipiélago, son numerosos los estudios que evidencian la influencia de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) negativa en las precipitaciones registradas de las canarias occidentales, principalmente en invierno (García Herrera et al., 2001; Tarife Méndez et al., 2012). La reconstrucción mensual de los índices de la NAO nos indica que fueron unos años donde predominó la NAO positiva, siendo este índice especialmente positivo durante casi todo el año 1948 (Glueck & Stockton, 2001; Compo et al., 2011; Cropper & Hanna, 2013). En cuanto a otro índice relevante en la zona, El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), se trató de años de una Niña débil (Wolter & Timlin, 2011), aunque su influencia en las islas no es concluyente (Roy & Reason, 2001; Gallego Puyol et al., 2002).

3.4. Validación

Con el objetivo de validar y comprobar la robustez el modelo en la región estudiada, se ha comparado con los datos observacionales de ocho estaciones seleccionadas. La figura 14 evidencia una moderada a fuerte correlación entre los registros observacionales y el ERA5 aunque con problemas para estimar la mayor acumulación de precipitación. Se aprecia como la estación de Punta Orchilla es la que presenta un R^2 más bajo (Figura 13).

Figura 13. Gráficos de dispersión del año 1947 de la estación de Orchilla (A) del año 1948 de la estación de Orchilla (B) y para el año 1948 de las estaciones de Guarazoca (C), El Pinar-Taibique (D), Matorral-Aguanueva (E), Sabinosa (F) y Valverde (G) en comparación a las estimaciones del ERA5



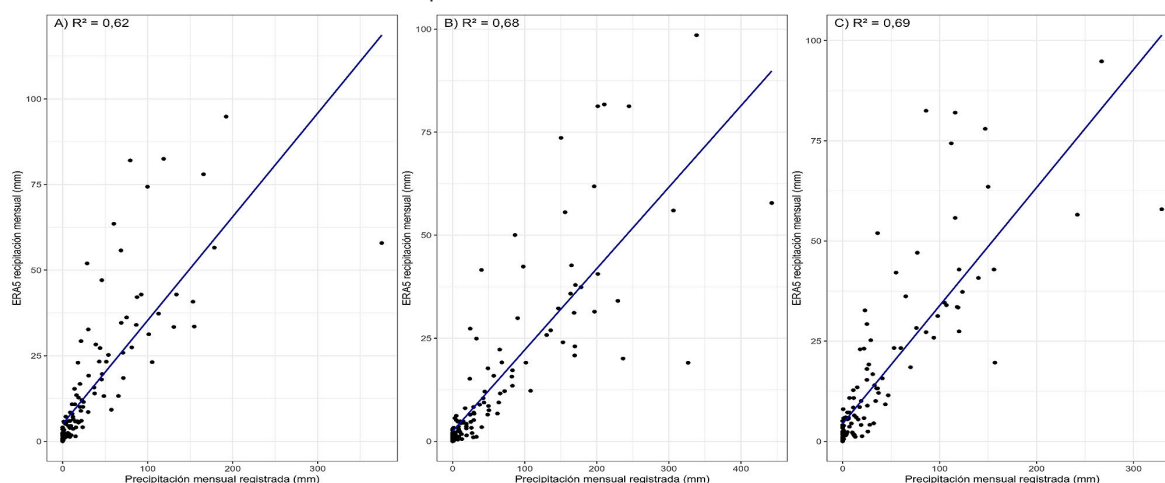
Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

Los gráficos generados para las estaciones de Sabinosa, San Andrés y Golfo-Merese vuelven a recalcar una moderada a fuerte correlación entre estimaciones y registros pluviométricos, con R^2 cercanas a 0,7 (Figura 14).

El gráfico generado para la estación de Guarazoca con datos de casi 30 años, presenta un coeficiente de determinación menor (Figura 15).

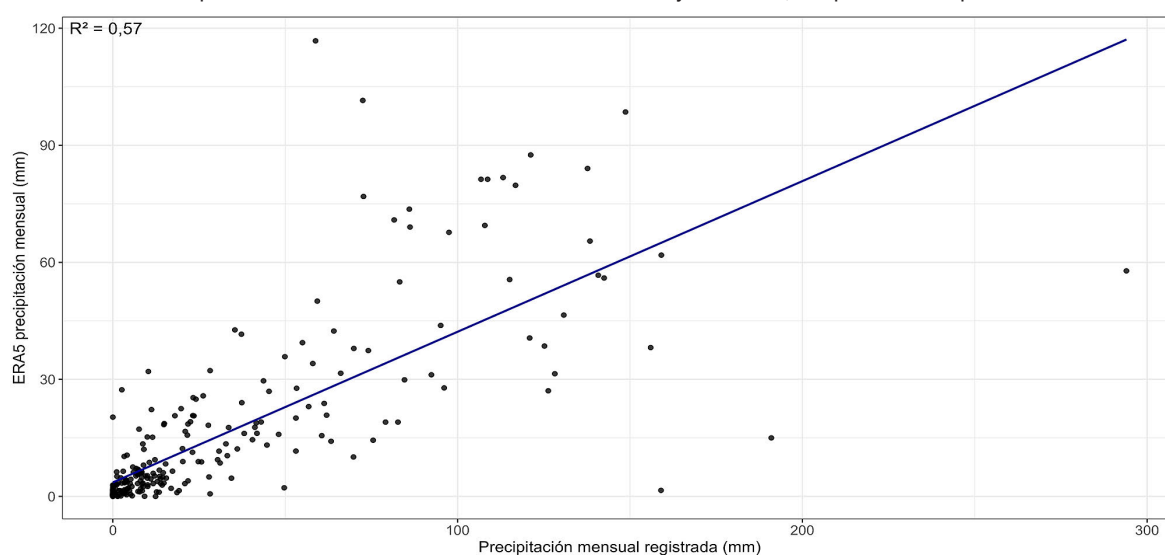
El análisis del gráfico de residuos para esta estación muestra una buena homocedasticidad evidenciada por la mayoría de las magnitudes de los residuos centradas alrededor de cero.

Figura 14. Gráficos de dispersión del periodo 1960-1970 de las estaciones de (A) Sabinosa, (B) San Andrés y (C) Golfo-Merese en comparación con las estimaciones del ERA5



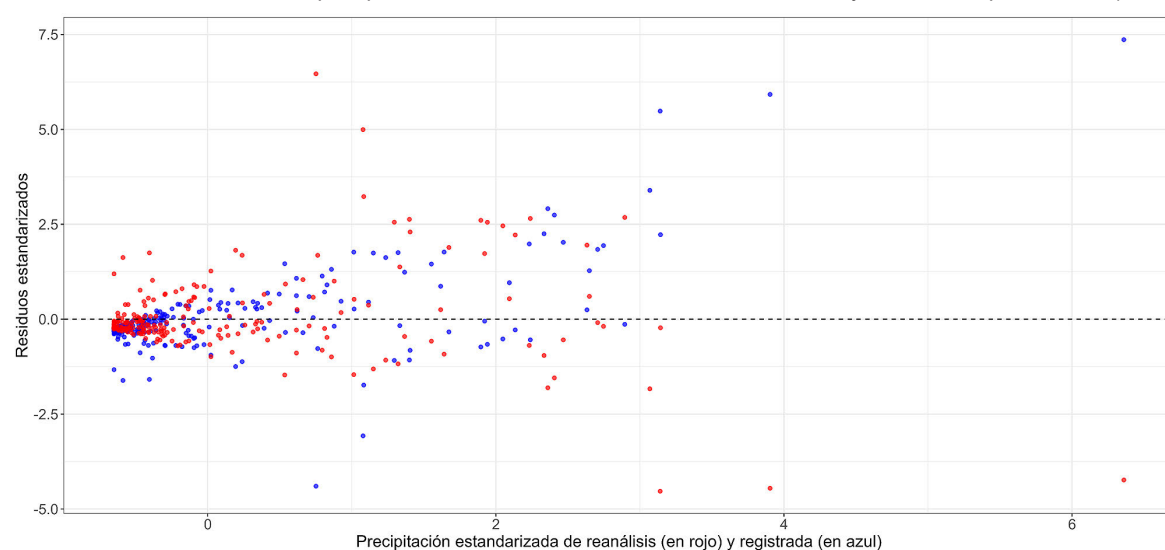
Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

Figura 15. Gráfico de dispersión con datos de la estación de Guarazoca y del ERA5, del periodo comprendido entre 1948 a 1970



Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

Figura 16. Gráfico de residuos de la precipitación observada de la estación de Guarazoca y modelizada por el ERA5 (1948-1970)



Fuente: datos del ERA5. Elaboración propia

4. Discusión

La incorporación del periodo 1940-1949 en el ERA5 en 2023, ha permitido analizar cuantitativamente un periodo con escasos registros observacionales, importante para la historia medioambiental y socioeconómica de la isla de El Hierro (Martín Fernández, 2009).

Al comparar los datos de ERA5 con registros observacionales (Figuras 13 y 14), se evidencian dificultades para cuantificar la precipitación a causa del realce orográfico, como señalan estudios recientes, aplicados tanto globalmente como a áreas de estudio específicas, tales como Reino Unido, Bélgica o Irlanda (Lavers et al., 2022). En el caso de El Hierro, en Guarazoca, con datos casi completos para el período estudiado, presenta una correlación menor respecto a las otras estaciones de la isla (Figura 15), atribuible a su mayor cobertura temporal y al impacto de las lluvias orográficas. El gráfico de residuos de Guarazoca (Figura 16) sugiere una validación satisfactoria del modelo en términos de consistencia de la variabilidad de los errores (Kozak & Piepho, 2018). Sin embargo, se observan algunos residuos atípicos (Figura 16), especialmente en eventos con cantidades elevadas de precipitación, lo que refleja las limitaciones del modelo para estimar adecuadamente la precipitación generada por factores altitudinales.

El SPI ha demostrado ser un índice adecuado para trabajar con las estimaciones del ERA5 (Kourtis et al., 2023). Los resultados de esta investigación concuerdan con los trabajos previos sobre sequías en el archipiélago canario (Marzol Jaén, 2001; Amador González & Marzol Jaén, 2021) y con los estudios cualitativos realizados sobre sequías en El Hierro (Martín Fernández, 2009). El SPI es un índice ampliamente utilizado (Ruiz Álvarez et al., 2021; Kourtis et al., 2023) y recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2012) debido a su flexibilidad, ya que permite ser calculado en diversas escalas temporales, admite comparabilidad y tiene facilidad de implementación al requerir únicamente datos de precipitación.

Se observa una asociación entre las sequías canarias y peninsulares. Este fenómeno ya fue señalado previamente por Olcina Cantos (2001), aunque existen pocos estudios al respecto, por lo que sería interesante profundizar en el futuro.

En este estudio no se han incorporado variables adicionales como la temperatura ya que podría aumentar la incertidumbre en los cálculos de las sequías, especialmente en décadas como la de 1940, donde las estimaciones del ERA5 son menos confiables (Hersbach et al., 2023a). No obstante, excluir la variable temperatura puede llevar a subestimar la severidad de los episodios de sequía en la isla (OMM, 2012).

Nuestra investigación, como en estudios anteriores, ha evidenciado que, si bien el uso de la modelización del ERA5 y el índice SPI presenta problemas al estudiar El Hierro, representa, no obstante, un avance significativo en la comprensión del clima insular. Este avance cobra particular relevancia al considerar la década de 1940, de gran interés desde una perspectiva climática, pero escasa en registros observacionales confiables y modelos de reanálisis climáticos que abarquen ese periodo.

5. Conclusiones

El análisis de nuevos datos de reanálisis de ERA5 permite identificar las sequías meteorológicas cortas como una característica inherente al territorio de El Hierro. En el periodo analizado (1941-1970) se ha logrado detectar tres episodios de sequía persistentes.

El reanálisis climático (ERA5) en combinación con el Análisis de Componentes Principales (ACP), revela que la sequía de 1947 a 1949 fue debida a la persistencia anticiclónica en toda la vertical troposférica, fortalecida por una fase positiva de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO).

La aplicación de los índices SPI3 y SPI6 indican la recurrencia de las sequías de corta duración, con valores inferiores a -1 cada siete meses. El SPI12 identificó diez sequías destacables a lo largo del periodo de estudio, algunas superando el año de duración y tres, de carácter persistente, de uno a tres años.

La validación del producto de reanálisis ERA5 con registros observacionales, demostró que, a pesar de las restricciones inherentes al uso de estimaciones globales como ERA5 y el índice SPI en un territorio como El Hierro, este método representa un avance significativo, ya que, por primera vez, se presenta un análisis cuantitativo de este fenómeno en la isla, complementando estudios cualitativos previos sobre sequías. La validación se considera aceptable, dadas las limitaciones en la calidad y extensión temporal de los datos observacionales disponibles durante el periodo 1941-1970. Las estimaciones del ERA5 muestran su aplicabilidad a este territorio insular para el estudio e identificación de sequías.

Los resultados obtenidos permiten una mejor comprensión del régimen de sequías en El Hierro con implicaciones prácticas como a) la ampliación de la serie de sequías de la AEMET, cuya cobertura comienza en la década de 1960, ampliación que resulta especialmente valiosa para mejorar la caracterización, identificación y diagnóstico de este fenómeno en un territorio donde la planificación hídrica se ha sustentado tradicionalmente en registros observacionales incompletos y de escasa duración; b) identificar patrones de recurrencia y duración de las sequías históricas contribuyendo al cumplimiento de los objetivos medioambientales marcados en el Plan Hidrológico de El Hierro; c) proporcionar una base técnica sólida para la elaboración de un posible Plan Especial de Sequías, al facilitar la identificación de umbrales de sequía y aportar características específicas de estos eventos en el Hierro, fundamentales para definir medidas de prevención y gestión adaptadas a este territorio.

Este trabajo evidencia la vulnerabilidad histórica en el acceso al agua debido a las sequías en El Hierro. Aunque las mejoras en infraestructuras y la resiliencia natural de los acuíferos han mitigado riesgos, la proyección de disminución de precipitaciones en la isla en un escenario de emergencia climática evidencia la necesidad de diversificar fuentes de agua. En este contexto, la captación de precipitación horizontal (agua de niebla) emerge como una alternativa clave por su bajo impacto ambiental, al evitar la sobreexplotación de los acuíferos y reducir la dependencia de las desaladoras energéticamente costosas. Esta alternativa sería acorde con el Plan Hidrológico 2021-2027, que prioriza el equilibrio entre extracción sostenible de recursos naturales y desalación controlada.

En próximos estudios de sequía que abarquen periodos actuales o futuros, sería relevante integrar variables como la temperatura. Esto permitiría evaluar mejor los efectos del calentamiento global.

Contribución de autoría

- Conceptualización: Damián Caballero Fernández, Montserrat Salvà Catarineu
- Curación de datos: Damián Caballero Fernández, Ferran Salvador Franch, Pedro Agustín Padrón Padrón
- Análisis formal: Damián Caballero Fernández
- Obtención de financiación: Montserrat Salvà Catarineu
- Investigación: Damián Caballero Fernández, Ferran Salvador Franch, Pedro Agustín Padrón Padrón, Montserrat Salvà Catarineu
- Metodología: Damián Caballero Fernández
- Supervisión: Montserrat Salvà Catarineu
- Visualización: Damián Caballero Fernández
- Redacción – borrador original: Damián Caballero Fernández, Ferran Salvador Franch, Pedro Agustín Padrón Padrón, Montserrat Salvà Catarineu
- Redacción – revisión y edición: Damián Caballero Fernández, Ferran Salvador Franch, Pedro Agustín Padrón Padrón, Montserrat Salvà Catarineu

Financiación

Este trabajo ha sido posible gracias al contrato predoctoral del primer autor (Universitat de Barcelona, PRE-DOCS-UB 2020). Esta línea de investigación es continuación de los proyectos JUNITUR (CSO2011-24425, 2012-2015), del Ministerio de Ciencia e Innovación, y JUNITUR+ (CSO2015-68500-R, 2016-2019), del Ministerio de Economía y Competitividad.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) por la cesión de los datos meteorológicos y al Laboratorio de Climatología de la Universitat de Barcelona por el apoyo técnico, logístico y el acompañamiento científico brindado durante el desarrollo de este trabajo.

Referencias

- Abreu Galindo, J. de (1848). *Historia de la conquista de las siete islas de Gran Canaria*. Año 1632. Imp. Lithografía y Librería Isleña.
- Acosta Padrón, V. (2003). *El Hierro (1900-1975): apuntes para su Historia*. Centro de la Cultura Popular Canaria.
- Afonso Pérez, L. (2005). *Por la Geografía de El Hierro*. Ediciones IDEA.
- Alexandersson, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, 6(6), 661-675. <https://doi.org/10.1002/joc.3370060607>
- Amador González, A., & Marzol Jaén, M.V. (2021). La frecuencia e intensidad de las sequías en las vertientes meridionales de las islas Canarias (1970-2018). *Revista Investigaciones Geográficas*, 61, 78-86. Universidad de Chile. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2021.64047>
- Arroyo, J. (2009). Cinco siglos de la temperie canaria: cronología de efemérides meteorológicas. In *Asociación Canaria de Meteorología (ACANMET)*. <https://www.acanmet.org/portal/media/formacion/Microsoft%20Word%20-%20CRONOLOGIA.pdf>
- Asadi Zarch, M.A., Sivakumar, B., & Sharma, A. (2015). Droughts in a warming climate: A global assessment of Standardized precipitation index (SPI) and Reconnaissance drought index (RDI). *Journal of Hydrology*, 526, 183-195. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.071>
- Beguiría, S., & Vicente Serrano, S.M. (2023). Package 'SPEI'. Calculation of the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index. In *CRAN Repository*. <https://CRAN.R-project.org/web/packages/SPEI/index.html>
- Biblioteca Nacional de España (BNE). (2024). *Catálogo Biblioteca Nacional de España (BNE)*. <https://www.bne.es/es>
- Biblioteca Virtual de Prensa Histórica (BVPH). (2024). *Catálogo Biblioteca Virtual de Prensa Histórica (BVPH)*. Ministerio de Cultura. <https://prensahistorica.mcu.es/>
- Burgdorf, A. M., Brönnimann, S., Adamson, G., Amano, T., Aono, Y., Barriopedro, D., Bullón, T., Camenisch, C., Camuffo, D., Daux, V., Prieto, M.R., Dobrovolný, P., Gallego, D., García-Herrera, R., Gergis, J., Grab, S., Hannaford, M. J., Holopainen, J., Kelso, C., ... Vega, I., (2023). DOCU-CLIM: A global documentary climate dataset for climate reconstructions. *Scientific Data*, 10, 402. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02303-y>
- Caballero Fernández, D., Salvà Catarineu, M., & Salvador Franch, F. (2023). Aplicación de BIOCLIM en la isla de El Hierro (Canarias). In *Geografía para nuestro futuro común: IX Congreso EUGEO*. [presentación póster]. <https://www.eugeobcn23.eu/1253-863-aplicacion-de-bioclim-en-la-isla-de-el-hierro-canarias-caballero-fernandez-damian-salva-catarineu-montserrat-salvador-franch-ferran/>
- Caballero Fernández D., Salvador Franch, F., & Salvà Catarineu, M. (2022). Eventos térmicos y pluviométricos máximos extremos en la isla de El Hierro. In A. Martí Ezpeleta, N. Lorenzo González, R. Royé & A. Díaz Poso (Eds.), *Retos del Cambio Climático: impactos, mitigación y adaptación* (Publicaciones AEC, serie A, 12, pp. 433-442). https://aeclim.org/wp-content/uploads/2023/01/RETOS_CAMBIO_CLIMATICO-Caballero_433-442.pdf
- Carracedo, J.C., Day, S., Guillou, H., & Pérez Torrado, F.J. (1997). *Geology of the island of El Hierro, Canary islands: Stratigraphy, Structure and Tectonism. Excursion Guidebook Intern. Workshop on Volcanism and Volcanic Hazards*. Estación Volcanológica de Canarias (CSIC). Dpto. de Física-Geología, Univ. Las Palmas. <http://hdl.handle.net/10553/532>
- Cartográfica de Canarias, S.A. (GRAFCAN). (2023). Atlas climático de Canarias. Sistema de Información Territorial de Canarias (SITCAN). <https://opendata.sitcan.es/dataset/atlas-climatico-de-canarias-canarias/resource/ee9da7ab-78a4-46c1-9356-477ff0a896ec>
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas-Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX-CEH). (2013). Catálogo y publicación de sequías históricas. In *Informe Técnico para MAGRAMA*. MITECO. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/enlaces-de-interes/catalogo-y-publicacion-sequias-historicas_tcm30-436651.pdf
- Compo, G.P., Whitaker, J.S., Sardeshmukh, P.D., Matsui, N., Allan, R.J., Yin, X., Gleason, B.E., Vose, R.S., Rutledge, G., Bessemoulin, P., Bronnimann, S., Brunet, M., Crouthamel, R.I., Grant, A.N., Groisman,

- P.Y., Jones, P.D., Kruk, M.C., Kruger, A.C., Marshall, G.J., ... Worley, S.J. (2011). The Twentieth Century Reanalysis Project. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137(654), 1-28. <https://doi.org/10.1002/qj.776>
- Cropper, T.E., & Hanna, E. (2013). An analysis of the climate of Macaronesia, 1865-2012. *International Journal of Climatology*, 34(3), 604-622. <https://doi.org/10.1002/joc.3710>
- Del Arco Aguilar, M.J., Acebes, J.R., & Pérez de Paz, P.L. (1996). Bioclimatology and climatophilous vegetation of the Island of Hierro (Canary Islands). *Phytocoenologia*, 26(4), 445-479. <https://doi.org/10.1127/phyto/26/1996/445>
- Del Arco Aguilar, M.J., Acebes, J.R., Pérez de Paz, P.L., & Marrero, M.C. (1999). Bioclimatology and climatophilous vegetation of Hierro (part 2) and La Palma (Canary Islands). *Phytocoenologia*, 29(2), 253-290. <https://doi.org/10.1127/phyto/29/1999/253>
- Del Arco Aguilar, M.J., & Rodríguez Delgado, O. (2018). Vegetation of the Canary Islands. In M.J.A. Werger (Ed.). *Springer Plant and Vegetation*, 16. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77255-4>
- Dorta Antequera, P. (2007). Catálogo de riesgos climáticos en Canarias: amenazas y vulnerabilidad. *Geographicalia*, 51, 133-160. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2007511118
- Fernández-Pello Martín, L. (1989). *Los paisajes naturales de la isla de El Hierro*. Cabildo Insular. Centro de la Cultura Popular Canaria.
- Gallego Puyol, D., García Herrera, R., Hernández Martín, E., Gimeno Presa, L., & Ribera Rodríguez, P. (2002). Major influences on precipitation in the Canary Islands. In M. Beniston (Ed.), *Climatic Change: Implications for the Hydrological Cycle and for Water Management. Advances in Global Change Research*, 10, 57-73. https://doi.org/10.1007/0-306-47983-4_3
- García Herrera, R., Gallego Puyol, D., Hernández Martín, E., Gimeno Presa, L., & Ribera Rodríguez, P. (2001). Influence of the North Atlantic Oscillation on the Canary Islands Precipitation. *Journal of Climate*, 14(19), 3889-3903. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<3889:IOTNAO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<3889:IOTNAO>2.0.CO;2)
- García, R., Macías, A., Gallego, D., Hernández, E., Gimeno, L., & Ribera, P. (2003). Reconstruction of the precipitation in the Canary Islands for the period 1595-1836. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84(8), 1037-1039. <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/84/8/bams-84-8-1037.xml>
- Glueck, M.F., & Stockton, Ch.W. (2001). Reconstruction of the North Atlantic Oscillation, 1429-1983. *International Journal of Climatology*, 21(12), 1453-1465. <https://doi.org/10.1002/joc.684>
- Guijarro, J.A. (2018). Homogeneización de series climáticas con Climatol. *Repositorio AEMET, ARCIMIS*. https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/12185/1/homog_climatol-es.pdf
- Guijarro, J.A. (2024). Package 'climatol'. Climate Tools (Series Homogenization and Derived Products). In *CRAN Repository*. <https://cran.r-project.org/web/packages/climatol/climatol.pdf>
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., ... Thépaut, J. N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 146(730), 1999-2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., et al. (2023a). *ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present*. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). <https://doi.org/10.24381/cds.adbb2d47>
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., et al. (2023b). *ERA5 monthly averaged data on pressure levels from 1940 to present*. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). <https://doi.org/10.24381/cds.6860a573>
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., et al. (2023c). *ERA5 monthly averaged data on single levels from 1940 to present*. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). <https://doi.org/10.24381/cds.f17050d7>
- Izaguirre, A. (2021). El arte de beberse las nubes. In *Escapada Rural Mag*. <https://www.escapadarural.com/blog/el-arte-de-beberse-las-nubes/>

- Kaiser, H.F., & Rice, J. (1974). Little Jiffy, Mark IV. *Educational and Psychological Measurement*, 34(1), 111-117. <https://doi.org/10.1177/001316447403400115>
- Kourtis, I.M., Vangelis, H., Tigkas, D., Mamara, A., Nalbantis, I., Tsakiris, G., & Tsihrintzis, V.A. (2023). Drought Assessment in Greece Using SPI and ERA5 Climate Reanalysis Data. *Sustainability*, 15(22), 15999. <https://doi.org/10.3390/su152215999>
- Kozak, M. & Piepho, H.P. (2018). What's normal anyway? Residual plots are more telling than significance tests when checking ANOVA assumptions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 204, 86-98. <https://doi.org/10.1111/jac.12220>
- Lavers, D.A., Simmons, A., Vamborg, F., & Rodwell M.J. (2022). An evaluation of ERA5 precipitation for climate monitoring. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 148(748), 3152-3165. <https://doi.org/10.1002/qj.4351>
- Maresía (2024). *Maresía. Prensa Digitalizada y Patrimonio Documental de la Universidad de la Laguna*. <https://hermes.bbtk.ull.es/index.vm?view=general&lang=es>
- Martín Fernández, C.S. (2006). *Articulación del territorio en el proceso reciente de desarrollo económico de la isla de El Hierro (1940-1980)* [Tesis Doctoral Universidad de La Laguna]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=313739>
- Martín Fernández, C.S. (2009). Sociedad y sequía en un territorio insular (El Hierro, Canarias). *Scripta Nova*, XIII(302). <https://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-302.htm>
- Martín León, F., Alejo Herrera, C. J., Bustos Seguela, J. J., Calvo Sánchez, F. J., San Ambrosio Beirán, I., Sánchez-Laulhé Ollero, J. M., & Santos Muñoz, D. (2005). Estudio de la tormenta tropical "Delta" y su transición extratropical. Efectos meteorológicos en Canarias. In *Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Recursos en línea. Publicaciones y estudios*. https://www.aemet.es/gl/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/detalles/Estudio_de_la_tormenta_tropical_Delta
- Marzol Jaén, M.V. (1987). El régimen anual de las lluvias en el archipiélago canario. *Ería*, 14(1), 187-194. <https://reunido.uniovi.es/index.php/RCG/article/view/967/891>
- Marzol Jaén, M.V. (2001). La incidencia de las sequías en las Canarias Occidentales y Orientales. In A. Gil Olcina, & A. Morales Gil (Eds.), *Causas y consecuencias de las sequías en España* (pp. 345-372). Instituto Interuniversitario de Geografía. Universidad de Alicante.
- Marzol Jaén, M.V., & Máyer Suárez, P. (2012). Algunas reflexiones acerca del clima de las islas Canarias. *Nimbus* 29-30 399-416. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/58655/1/Dialnet-AlgunasReflexionesAcercaDelClimaDeLasIslasCanarias-4376863.pdf>
- Mathbout, S., López Bustins, J.A., Royé, D., & Martin Vide, J. (2021). Mediterranean-scale drought: Regional datasets for exceptional meteorological drought events during 1975-2019. *Atmosphere*, 12(8), 941. <https://doi.org/10.3390/atmos12080941>
- McKee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Eighth Conference on Applied Climatology (Anaheim, enero 1993)*. https://www.droughtmanagement.info/literature/AMS_Relationship_Drought_Frequency_Duration_Time_Scales_1993.pdf
- Naresh Kumar, M., Murthy, C.S., Sesha Sai, M.V.R., & Roy, P.S. (2009). On the use of Standardized Precipitation Index (SPI) for drought intensity assessment. *Meteorological Applications*, 16(3), 381-389. <https://doi.org/10.1002/met.136>
- National Centers for Environmental Information-National Oceanic and Atmospheric Administration (NCEI-NOAA). (2024). Paleo Data Search. In *National Centers for Environmental Information*. <https://www.ncei.noaa.gov/access/paleo-search/>
- Olcina Cantos, J. (2001). Tipología de sequías en España. *Ería*, 56, 201-227. <https://reunido.uniovi.es/index.php/RCG/article/view/1385/1301>
- Olcina Cantos, J. (2021). Sequías, inundaciones y DANAs. La urgente adaptación de los territorios a los fenómenos extremos del agua. *Ambienta*, 130, 54-61. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.revistaambienta.es/es/historico/2021/130.html>
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2012). Índice normalizado de precipitación: guía de usuario. In *Organización Meteorológica Mundial. Biblioteca electrónica*, 1090. <https://library.wmo.int/es/records/item/31495-indice-normalizado-de-precipitacion?offset=34>

- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2017). Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas. In *Organización Meteorológica Mundial. Biblioteca electrónica*, 1203. https://library.wmo.int/viewer/60338/download?file=1203_es.pdf&type=pdf&navigator=1
- Padrón Padrón, P.A., Jiménez Mendoza, C.C., Rodríguez Rodríguez, A., & Tejedor Salguero, M.L. (1990). Evaluación de los suelos de la isla de El Hierro como recurso natural. I. Distribución ambiental. *Vieraea. Folia scientiarum biologiarum canariensium* 19, 349-364. <https://www.museosdetenerife.org/assets/downloads/publication-be5d9026f2.pdf>
- Park, J., Lim, Y.J., Kim, B.J., & Sung, J.H. (2018). Appraisal of Drought Characteristics of Representative Drought Indices using Meteorological Variables. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(5), 2002-2009. <https://doi.org/10.1007/s12205-017-1744-x>
- Pebesma, E., Bivand, R., Rowlingson, B., (2024). Package 'sp'. Classes and Methods for Spatial Data. In *CRAN Repository*. <https://cran.r-project.org/web/packages/sp/sp.pdf>
- Plan Hidrológico Insular de la Demarcación Hidrográfica de El Hierro (PHIEH). (2023). *Plan Hidrológico Insular de la Demarcación Hidrográfica de El Hierro, tercer ciclo (2021-2027)*. Consejo Insular de Aguas de El Hierro. <https://www.aguaselhierro.org/planificacion/plan-hidrologico/vigente/>
- Pohlert, T. (2023). Package 'trend'. Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection. In *CRAN Repository*. <https://cran.r-project.org/web/packages/trend/trend.pdf>
- Prieto Torrell, C., Rodríguez González, A., Aulinas, M., Fernández Turiel, J.L., Cabrera, M.C., Criado, C., & Pérez Torrado, F.J., (2021). Modelling and simulation of a lava flow affecting a shore platform: a case study of Montaña de Aguarijo eruption, El Hierro (Canary Islands, Spain). *Journal of Maps*, 17(2), 516-525. <https://doi.org/10.1080/17445647.2021.1972853>
- Rakhmatova, N., Arushanov, M., Shardakova, L., Nishonov, B., Taryannikova, R., Rakhmatova, V., & Belikov, D.A. (2021). Evaluation of the perspective of ERA-Interim and ERA5 Reanalyses for Calculation of Drought Indicators for Uzbekistan. *Atmosphere*, 12(5), 527. <https://doi.org/10.3390/atmos12050527>
- Reig, F., Domínguez, F., Vicente Serrano, S.M., Beguería, S., Latorre, B., Luna, Y., & Morata, A. (2024). *Base de datos histórica de índices de sequía meteorológica de España*. CSIC IPE AEMET. <https://monitordesequia.csic.es/historico/>
- Revelle, W. (2024). Package 'psych'. Procedures for Psychological, Psychometric and Personality Research. In *CRAN Repository*. <https://cran.r-project.org/web/packages/psych/psych.pdf>
- Roldán Verdejo, R., & Delgado González, C. (1967). *Acuerdos del Cabildo de Fuerteventura: 1660-1728*. CSIC. Inst. Estud. Canarios, Univ. La Laguna. <https://hdl.handle.net/20.500.12285/mdcte/892>
- Romero Martín, L.E., & Máyer Suárez, P.L. (2002). Episodios de sequía en Gran Canaria en el siglo XVII: análisis de las rogativas como método de reconstrucción climática. In J.A. Guijarro, M. Grimalt, M. Laita & S. Alonso (Eds.), *El agua y el clima* (Publicaciones AEC, serie A, 3, pp. 533-542). https://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0054_PU-SA-III-2002-LE_ROMERO.pdf
- Roy, C. & Reason, Ch. (2001). ENSO related modulation of coastal upwelling in the eastern Atlantic. *Progress in Oceanography*, 49(1-4), 245-255. [https://doi.org/10.1016/S0079-6611\(01\)00025-8](https://doi.org/10.1016/S0079-6611(01)00025-8)
- Ruiz Álvarez, V., Portela, M.M., Espinosa, L.Á., García Marín, R., Belmonte Serrato, F., & Ruiz Álvarez, M. (2021). Regionalización de sequías a partir del SPI en la Demarcación Hidrográfica del Segura y Mancomunidad de los Canales del Taibilla (sureste de España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 88, 2605-3322. <https://doi.org/10.21138/bage.3045>
- Salvà Catarineu, M., López Bustins, J.A., Salvador Franch, F., Padrón Padrón, P.A., & Cortés, A. (2016). Contrastes extremos de termohigrometría en la isla de El Hierro (islas Canarias). In J. Olcina Cantos, A.M. Rico & E. Moltó (Eds.), *Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio* (Publicaciones AEC, serie A, 10, pp. 355-363). <https://aeclim.org/wp-content/uploads/2018/09/SALVA-355.pdf>
- Salvà Catarineu, M., Romo, A., Salvador Franch, F., Cortés Lucas, A., Padrón Padrón, P.A., Boratynski, A., Rodríguez Oller, A., & López Bustins, J.A. (2014). Estructura y características ambientales de los sabinars de *Juniperus turbinata* Guss. en la isla de El Hierro (Islas Canarias). In A. Vieira & R.P. Julião (Eds.), *Atas do XIV Colóquio Ibérico de Geografia, Guimarães, nov. 2014* (pp. 1904-1909). <https://digital.csic.es/>

[bitstream/10261/116134/1/estructura-caracteristicas-ambientales-sabinares-juniperus-turbinata-isla-hierro-romo2014.pdf](#)

- Seka, A.M., Zhang, J., Zhang, D., Ayele, E.G., Han, J., Prodhon, F.A., Zhang, G., & Liu, Q. (2022). Hydrological drought evaluation using GRACE satellite-based drought index over the lake basins, East Africa. *Science of the Total Environment*, 852, 158425. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158425>
- Sosa Acevedo, F. (2006). *Destierro en El Hierro*. Ediciones IDEA.
- Stierstorfer, Ch. (2005). The vascular plant vegetation in the forest belt of El Hierro (Canary Islands). In *Dissertationes Botanicae*, 393 J. Cramer.
- Stone, O.M., Whitford, J., & Brown, A.S. (2004). *La isla de El Hierro vista por tres viajeros ingleses*. Ediciones IDEA.
- Sun, Z., Zhu, X., Pan, Y., Zhang, J., & Liu, X. (2018). Drought evaluation using the GRACE terrestrial water storage deficit over the Yangtze River Basin, China. *Science of the Total Environment*, 634, 727-738. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.292>
- Tadić, L., Brleković, T., Potočki, K., & Leko Kos, M. (2021). Application of principal component analysis to drought indicators of three representative Croatian regions. *Elektronički časopis građevinskog fakulteta Osijek*, 12(22), 41-55.
- Tarife Méndez, R., Hernández Barrera, S., Gámiz Fortis, S.R., Castro Díez, Y., & Esteban Parra, M.J. (2012). Análisis de los extremos pluviométricos en las Islas Canarias y su relación con el índice NAO. In C. Rodríguez Puebla, A. Ceballos, N. González Reviriego, E. Morán Tejeda & A. Hernández Encinas (Eds.), *Cambio climático, extremos e impactos* (Publicaciones AEC, serie A, 8, pp. 659-668). https://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0064_PU-SA-VIII-2012-R_TARIFE.pdf
- Torres Vázquez, M.Á., Halifa Marín, A., Montávez, J.P., & Turco, M. (2023). High resolution monitoring and probabilistic prediction of meteorological drought in a Mediterranean environment. *Weather and Climate Extremes*, 40, 100558. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2023.100558>
- Ullah, H., Akbar, M., Khan, F., & Amjad, M. (2022). Performance evaluation of Standardized Copula-based Drought Index with Reconnaissance Drought Index and Standardized Precipitation Temperature Index using severity-duration frequency curves over Balochistan, Pakistan. *International Journal of Climatology*, 43(6), 2465-2480. <https://doi.org/10.1002/joc.7985>
- Urtusástegui, J.A. (2004). *Diario de viaje a la isla de El Hierro en 1779*. Ediciones IDEA.
- van der Wiel, K., Batelaan, T.J., & Wanders, N. (2023). Large increases of multi-year droughts in north-western Europe in a warmer climate. *Climate Dynamics*, 60(5-6), 1781-1800. <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06373-3>
- Vicente Serrano, S., Tomas Burguera, M., Beguería, S., Reig, F., Latorre, B., Peña Gallardo, M., Luna, M.Y., Morata, A., & González Hidalgo, J.C. (2017). A High Resolution Dataset of Drought Indices for Spain. In G. Del Barrio (Ed.), *Geomatic Data for Land Degradation Surveillance*. *Data*, 2(3), 22. <https://doi.org/10.3390/data2030022>
- von Neumann, J., Kent, R.H., Bellinson, H.R., & Hart, B.I. (1941). The mean square successive difference. *Annals of Mathematical Statistics*, 12(2), 153-162. <https://www.jstor.org/stable/2235765>
- Wickham, H. (2023). Package 'tidyverse'. Easily Install and Load the "Tidyverse" In *CRAN Repository*. <https://cran.r-project.org/web/packages/tidyverse/tidyverse.pdf>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2023). Package 'dplyr'. A Grammar of Data Manipulation. In *CRAN Repository*. <https://cran.r-project.org/web/packages/dplyr/dplyr.pdf>
- Wolter, K., & Timlin, M.S. (2011). El Niño/Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext). *International Journal of Climatology*, 31(7), 1074-1087. <https://doi.org/10.1002/joc.2336>
- Zheng, Y., Zhang, X., Yu, J., Xu, Y., Wang, Q., Li, Ch., & Yao, X. (2022). Assessing the Joint Impact of Climatic Variables on Meteorological Drought Using Machine Learning. *Frontiers in Earth Science*, 10, 835142. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.835142>



Comparative analysis of rainfall data from remote sensing and surface stations in the Paracatu river basin, Brazilian Cerrado

Análisis comparativo de datos de precipitación de sensores remotos y estaciones de superficie en la cuenca del río Paracatu, Cerrado brasileño

AUTHORSHIP

Maycow Douglas
de Oliveira Silva 

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unai,
Brasil.

Paulo Sérgio Cardoso
Batista 

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unai,
Brasil.

Sharrine Omari D.
de Oliveira Marra 

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unai,
Brasil.

Marinaldo Loures
Ferreira 

Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha
e Mucuri, Brasil.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.29047>

CITATION

de Oliveira Silva, M. D., Cardoso Batista, P. S.,
de Oliveira Marra, S. O. D., & Loures Ferreira,
M. (2025). Comparative analysis of rainfall data
from remote sensing and surface stations in
the Paracatu river basin, Brazilian Cerrado.
Investigaciones Geográficas, (84), 113-126.
<https://doi.org/10.14198/INGEO.29047>

CORRESPONDENCE

Marinaldo Loures Ferreira (marinaldo.loures@ufvim.edu.br)

HISTORY

Received: 29 December 2024

Accepted: 8 May 2025

Published: 23 July 2025

TERMS

© 2025 Maycow Douglas de Oliveira Silva,
Paulo Sérgio Cardoso Batista, Sharrine Omari
D. de Oliveira Marra, Marinaldo Loures Ferreira

 This work is published under a
license Creative Commons Attribution-
NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

Abstract

Accurate precipitation estimation is essential for water resource management, especially in tropical regions where the spatial and temporal variability of rainfall presents significant challenges. In areas with limited terrestrial station coverage, satellite-based products such as the Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) have become particularly valuable. This study compares CHIRPS data with surface station records in the Paracatu River Basin in the Brazilian Cerrado from 2010 to 2023, employing a “point-to-pixel” approach. Among the statistical analyses, we have used metrics commonly applied in precipitation studies, such as Pearson’s correlation coefficient (CC), relative bias (BIAS), coefficient of determination (R^2), and root mean square error (RMSE). Monthly coefficients of determination (R^2) ranged from 0.77 to 0.89, reflecting CHIRPS’ capability to capture rainfall patterns on this scale. However, its accuracy decreased when estimating total annual precipitation, highlighting some limitations. Despite these challenges, CHIRPS is a valuable tool for supplementing surface data on a monthly basis, although discrepancies are more pronounced during periods of intense rainfall and in annual aggregates. Future research should investigate the integration of additional remote sensing products and assess how changing climate conditions affect precipitation estimates.

Keywords: CHIRPS; performance assessment; water security; precipitation; environmental management; Brazil.

Resumen

La estimación precisa de la precipitación es esencial para la gestión de los recursos hídricos, especialmente en regiones tropicales donde la variabilidad espacial y temporal de las lluvias presenta desafíos significativos. En áreas con cobertura limitada de estaciones terrestres, los productos satelitales, como el Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS), se han vuelto particularmente valiosos. Este estudio evaluó los datos de CHIRPS en comparación con los registros de estaciones de superficie en la cuenca del río Paracatu, en el Cerrado brasileño, durante el período de 2010 a 2023, empleando un enfoque de “punto a píxel”. Entre los análisis estadísticos, utilizamos métricas comúnmente aplicadas en estudios de precipitación, como el coeficiente de correlación de Pearson (CC), el sesgo relativo (BIAS), el

coeficiente de determinación (R^2) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE). Los coeficientes de determinación mensuales (R^2) variaron entre 0.77 y 0.89, lo que refleja la capacidad de CHIRPS para captar los patrones de precipitación en esta escala. Sin embargo, su precisión disminuyó al estimar la precipitación anual total, lo que pone en evidencia algunas limitaciones. A pesar de estos desafíos, CHIRPS sigue siendo una herramienta valiosa para complementar los datos de superficie a escala mensual, aunque las discrepancias son más pronunciadas durante los períodos de lluvias intensas y en los acumulados anuales. Investigaciones futuras deberían explorar la integración de productos adicionales de teledetección y evaluar cómo las condiciones climáticas cambiantes afectan las estimaciones de precipitación.

Palabras clave: CHIRPS; evaluación de desempeño; seguridad hídrica; precipitación; gestión ambiental; Brasil.

1. Introduction

In recent years, global warming has triggered a series of drastic transformations in global climate patterns, particularly the intensification of sudden droughts, whose impacts are becoming increasingly severe and widespread (Christian et al., 2023; Zeng et al., 2023). These extreme events affect the environment and pressure essential human activities such as agriculture and water management (Estrela-Segrelles et al., 2024).

The primary methods for acquiring precipitation data include measurements from terrestrial weather stations and meteorological radar observations, which are fundamental for research in agriculture and hydrology (Gu et al., 2024). In Brazil, the primary sources of climatological data, particularly precipitation-related, are federal institutions such as the National Institute of Meteorology (INMET) and the National Water Agency (ANA). While essential, these data present limitations, including errors, gaps in time series, and discontinuities, compromising their reliability (Júnior et al., 2023; Tórrio et al., 2024). Additionally, precipitation data obtained from ground stations are point-based and do not represent the entire surface, meaning that the distribution of the stations influences the precision of regional precipitation monitoring (Gu et al., 2024; Paredes-Trejo et al., 2021).

Given these limitations, advances in remote sensing technology have driven the development of satellite-based precipitation products at various scales (Zhu & Liang, 2024; Saldanha et al., 2015). These products have been widely used in various scientific fields such as meteorology, hydrometeorology, climatology, and water resource management (Boluwade, 2024; Wiwoho et al., 2021). However, despite their potential to provide comprehensive precipitation data coverage, satellite-based estimates exhibit a degree of error (Nadeem et al., 2022; Ye et al., 2022). Studies on error evaluation in these data indicate that inaccuracies may vary across regions. Geographic characteristics such as elevation, longitude, and latitude are among the main factors contributing to these inconsistencies (Nadeem et al., 2022; Yang & Luo, 2014). Therefore, it is essential to validate these data before using them in agricultural studies, enabling the estimation of water deficits, the detection of changes in crop cycles, and the support of management practices.

A promising tool to overcome these limitations is comparative analyses between remote sensing data and in situ observations. This approach allows for the calibration and validation of estimates, increasing their reliability (Zhang et al., 2018).

Among the precipitation products derived from remote sensing, the Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) stands out, providing near-global precipitation estimates based on in situ observations and satellite data. Developed by scientists from the United States Geological Survey (USGS) and the Climate Hazards Center (CHC), CHIRPS offers data at three different temporal resolutions: daily, pentadal, and monthly (Funk et al., 2014). One of the advantages of CHIRPS is its relatively better performance in detecting precipitation with less bias during the dry season (Datti et al., 2024), making it widely used in precipitation studies (Ferreira et al., 2025; Alsumaiti et al., 2024). Studies such as that by Paredes-Trejo et al. (2017) compared monthly precipitation estimates from CHIRPS with rain gauge data in northeastern Brazil. The study by Hsu et al. (2021) evaluated the performance of CHIRPS in representing precipitation variation at various temporal scales in Taiwan. In addition, the study by Han et al. (2023) in the Upper Colorado River Basin where investigated the effects of topographic conditions on the quality of precipitation estimates provided by CHIRPS.

This study evaluates the relationship between CHIRPS precipitation estimates and surface station data in the Paracatu River Basin from 2010 to 2023. Studying precipitation in this region is particularly relevant due to its direct dependence on rainfall for sustaining agricultural activities and the local ecosystem. Furthermore, as a strategic biome, the Cerrado plays a crucial role in the country's water recharge.

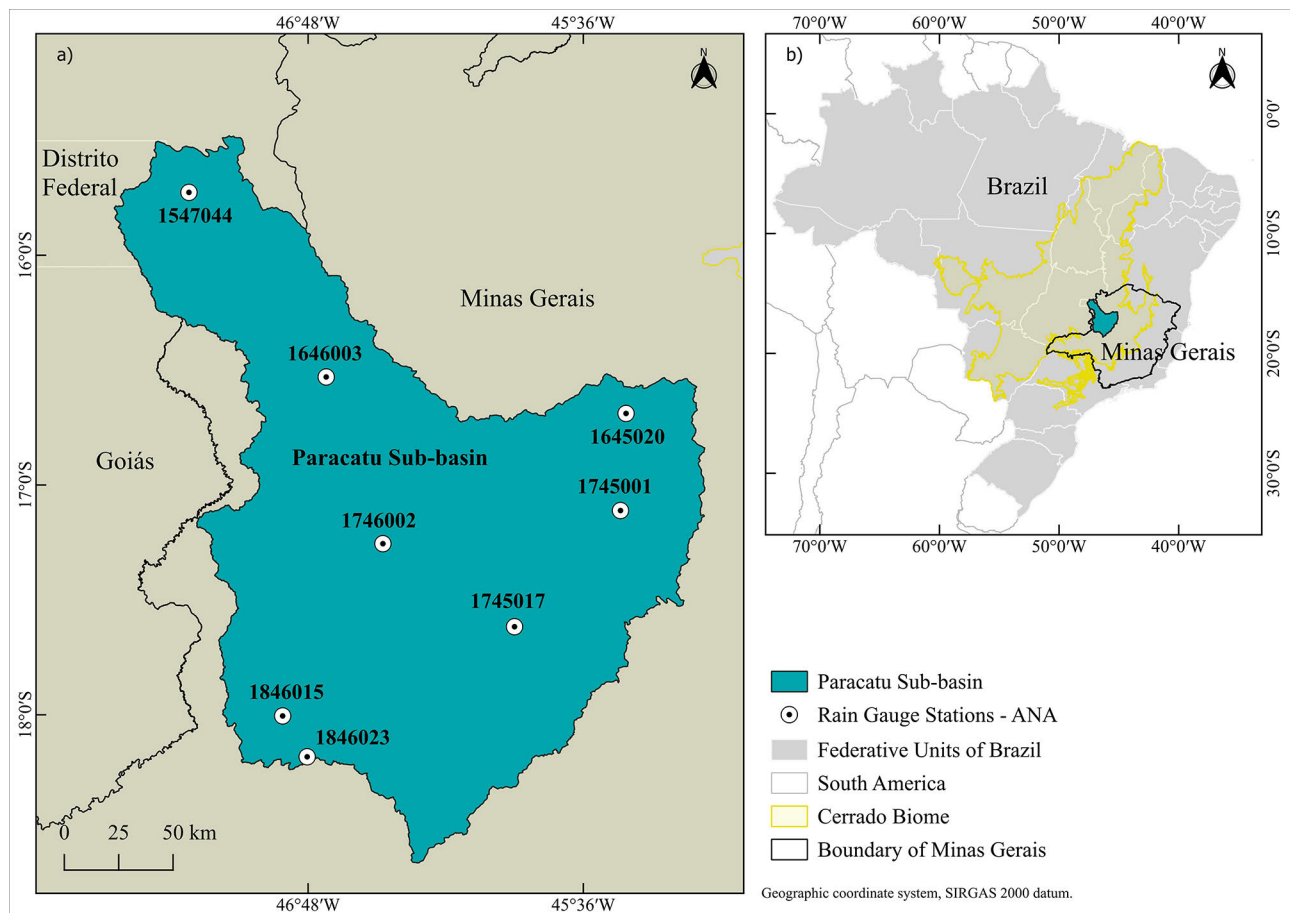
The results of this study will not only expand scientific knowledge in remote sensing, hydrology, and climatology but also provide crucial data to support decision-making in agricultural and water management, especially in the Cerrado region.

2. Methodology

2.1. Study area

The Paracatu River Basin (Figure 1) is located within the Brazilian Cerrado in the Middle São Francisco region. It spans an area of 45,600 km², making it the second-largest sub-basin of the São Francisco River. It is located almost entirely in the northwest region of Minas Gerais, with small areas extending into the states of Goiás and the Federal District (Lima et al., 2019).

Figure 1. Location map. a) Location of the Paracatu Basin. b) Paracatu Basin in Minas Gerais



Own elaboration

The basin region has a humid tropical climate (Aw) (Alvares et al., 2013), with rainfall concentrated between October and April and a dry period from May to September. The average annual precipitation is approximately 1,178.3 mm, with December being the wettest month, recording average values of up to 256 mm, and July the driest, with an average of 7 mm (Loures Ferreira et al., 2024). The altitude varies from 500 m to 1,050 m, and the predominantly flat and gently undulating topography favors the use of central pivot irrigation systems, giving the region great relevance for agricultural production in Brazil, especially for seasonal crops such as corn, beans, and soybeans (Ferreira et al., 2025).

2.2. Data collection

The rainfall data from remote sensing were obtained through CHIRPS and processed using the Google Earth Engine interface for monthly and annual scales covering 2010 to 2023. CHIRPS integrates orbital data with a

spatial resolution of 5.3 km (0.05°) and in situ meteorological station information to create precipitation time series on a grid, widely used in trend analysis and monitoring of seasonal droughts (Mianabadi et al., 2022).

Its data sources include (1) monthly climatological records (CHPClim); (2) infrared imagery from NOAA geostationary satellites; (3) rainfall estimates from TMPA 3B42 v7; (4) atmospheric models from the NOAA Climate Forecast System v2; and (5) precipitation measurements from global meteorological networks (Funk et al., 2015).

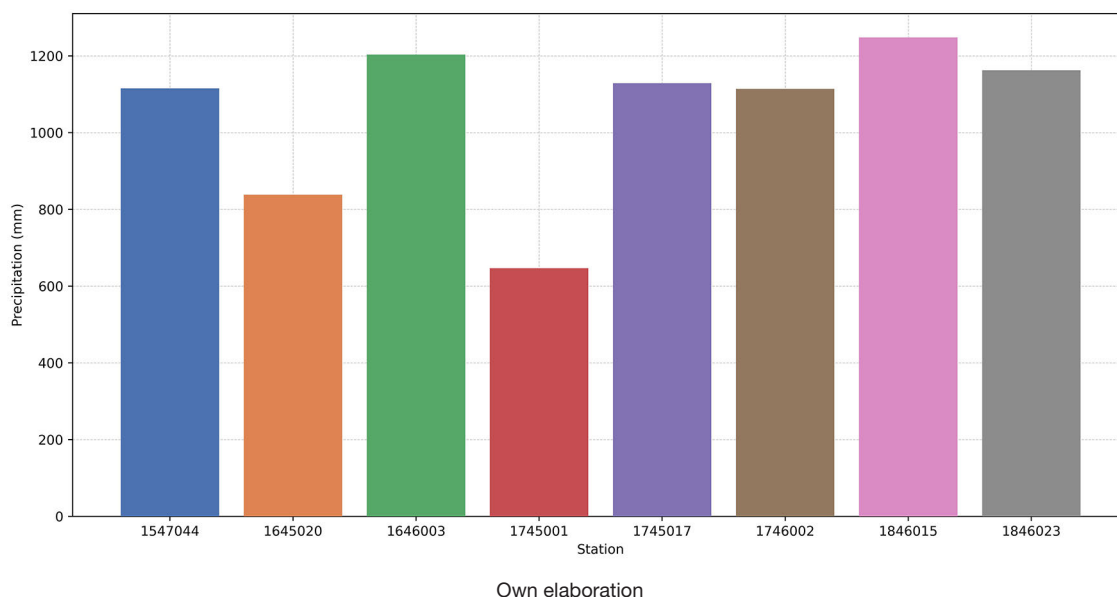
This dataset provides high-resolution estimates covering the period from 1981 to the present and is widely applied in climate research and disaster management (Mouafik et al., 2024; Nicholson & Klotter, 2021). Its selection was based on results from previous studies, demonstrating its effectiveness in climatological analyses, its broad validation in various scientific studies, and its suitability for estimating precipitation in areas with complex topography, such as the Cerrado.

Considering the accuracy, temporal coverage, spatial resolution, and integration with surface station data, CHIRPS emerges as the most suitable option for precipitation monitoring in the study area. These characteristics align with the specific needs of this study, which aims to compare satellite-derived precipitation data with surface observations.

The observed rainfall data were collected from stations in the Paracatu Basin and accessed through the HidroWeb portal of the National Water Agency (ANA)¹. The distribution of stations is limited, but they cover strategic areas of the Paracatu River Basin. Some are located in regions with a high concentration of central pivot irrigation systems. On the other hand, others are located in areas with a low concentration of this irrigation method, ensuring diverse and representative basin coverage. Regarding data quality, only stations with high-quality data were selected, discarding those with errors exceeding 3% or that did not cover the entire period of interest (2010 to 2023), ensuring the reliability of the information used. This process resulted in eight measurement stations (Figure 1).

The average annual precipitation recorded by rain gauges from 2010 to 2023 varied significantly across the study area. For example, station 1745001 recorded approximately 646 mm, while station 1846015 recorded an average above 1,248 mm (Figure 2). The lowest precipitation values were observed in the eastern region of the study area (Figure 1). At the other stations, average precipitation ranged between 838 mm and 1,200 mm.

Figure 2. Average annual precipitation by station (period from 2010 to 2023)



To complement this analysis, CHIRPS precipitation pixel values were extracted for the coordinates corresponding to each rain gauge station (point-to-pixel extraction) for the same period. This method assumes that rain gauge measurements represent the pixel values of the CHIRPS dataset, allowing direct comparisons between ground observations and satellite estimates (Baez-Villanueva et al., 2018; Alsilibe et

¹ <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>

al., 2023; Li et al., 2023; Datti et al., 2024). The application of this method eliminated the uncertainty inherent in pixel-to-pixel analysis, where the interpolation procedure can introduce considerable uncertainty (Xu et al., 2015). The study by Zhang et al. (2018) demonstrated that assessments using both the “point-to-pixel” and “pixel-to-pixel” methodologies produce statistically similar results. Thus, the distinction between these approaches may be unnecessary in assessing the accuracy of satellite precipitation estimates.

2.3. Data analysis

In terms of statistical indicators, this study employed commonly used metrics such as Pearson correlation coefficient (CC), Relative Bias (BIAS), Coefficient of Determination (R^2), Root Mean Square Error (RMSE), and average precipitation to quantitatively assess the correlation and degree of deviation of the CHIRPS precipitation products.

The linear correlation coefficient (CC) (Equation 1) measures the strength of the linear relationship between the two compared products (Cattani et al., 2021).

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}) \cdot (S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 \cdot (S_i - \bar{S})^2}} \quad (1)$$

The RMSE (Equation 2) is a metric that evaluates the error level between the estimated and observed values (Zhu & Liang, 2024). The RMSE integrates the sizes of prediction mistakes for different times into a single indicator of predictive capacity (Rachidi et al., 2023).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - S_i)^2} \quad (2)$$

The BIAS (Equation 3) is used to characterize the biases and inaccuracies in satellite data compared to field-based rainfall data (Silva et al., 2023).

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - S_i)}{\sum_{i=1}^n S_i} \cdot 100 \quad (3)$$

The R^2 (Equation 4) is an essential measure for assessing the quality of a model's fit to the observed data (Araújo et al., 2020).

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}) \cdot (S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 \cdot (S_i - \bar{S})^2}} \right)^2 \quad (4)$$

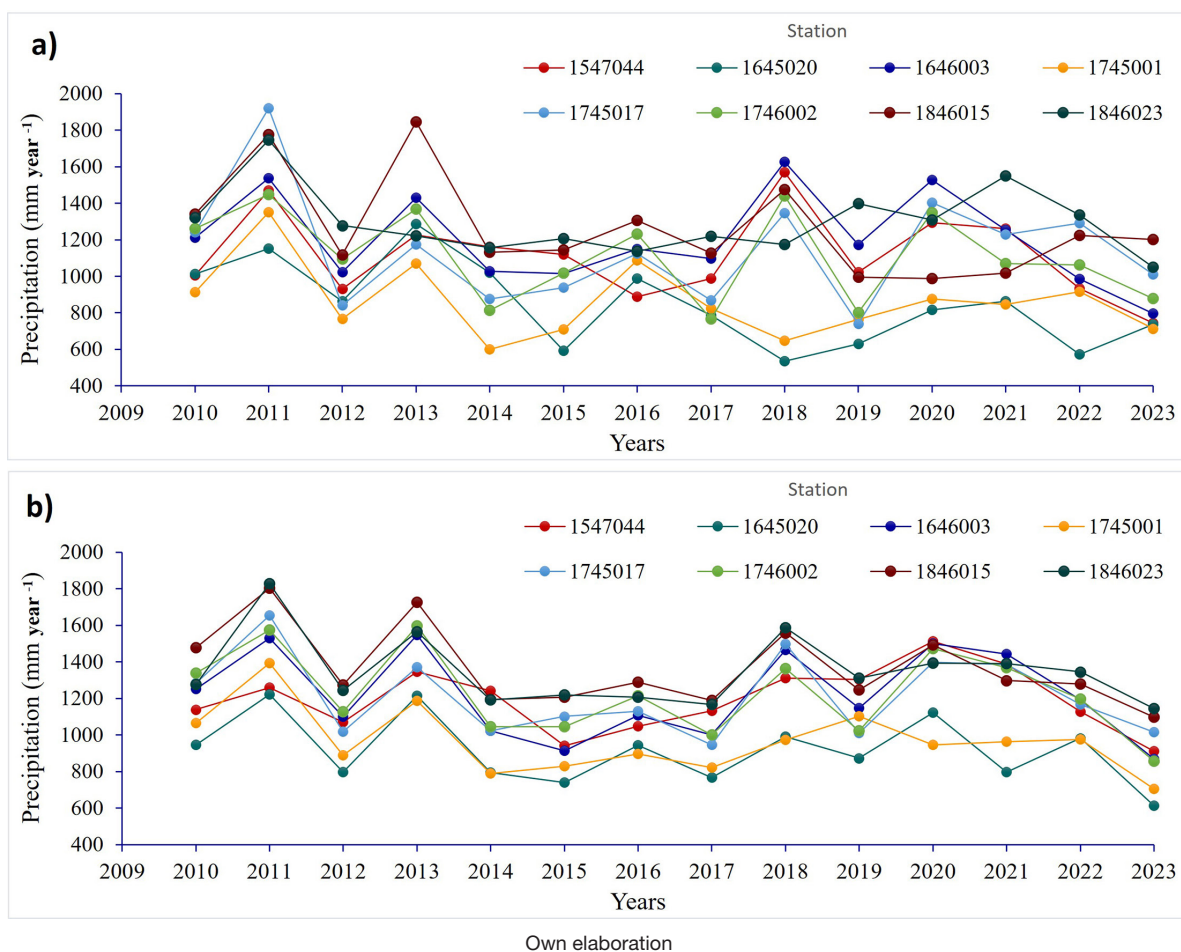
Where: P_i is the precipitation value from the CHIRPS products, $\bar{P}$ is the mean of P_i , S_i is the value from the rain gauge stations, $\bar{S}$ is the mean of S_i , and n is the total number of data records.

3. Results

Precipitation in the Paracatu River Basin shows temporal and spatial variability, consistent with the results of Freitas et al. (2022) and Ferreira et al. (2025) for the study area where the basin is located. The observed annual averages ranged from 540 to 1,845.6 mm year⁻¹ (Figure 3). Regarding the averages obtained from CHIRPS, fluctuations ranged from 613.0 to 1,827.6 mm year⁻¹. The data show the annual mean variations within the basin for both data sources, with the lowest precipitation occurring in the eastern region, where stations 1645020 and 1745001 are located (Figure 1).

When evaluating the monthly precipitation averages between Rain Gauges and CHIRPS Precipitation, it was observed that both data sources exhibit variations throughout the months (Figure 4). Notably, February was the month that deviated the most from the proposed confidence interval in most of the studied locations, indicating a significant difference between the two datasets during the period from 2010 to 2023. It is observed that, despite showing spatial variations, the precipitation in the basin follows a well-defined pattern, with the driest months being from May to September. According to Reboita et al. (2015), this region experiences a wetter summer and drier winter, a pattern that, according to Reboita et al. (2010), is influenced by the South American monsoon precipitation regime.

Figure 3. Average annual precipitation in the study area. (a) represents the average of the measuring stations, (b) corresponds to the average of the CHIRPS data



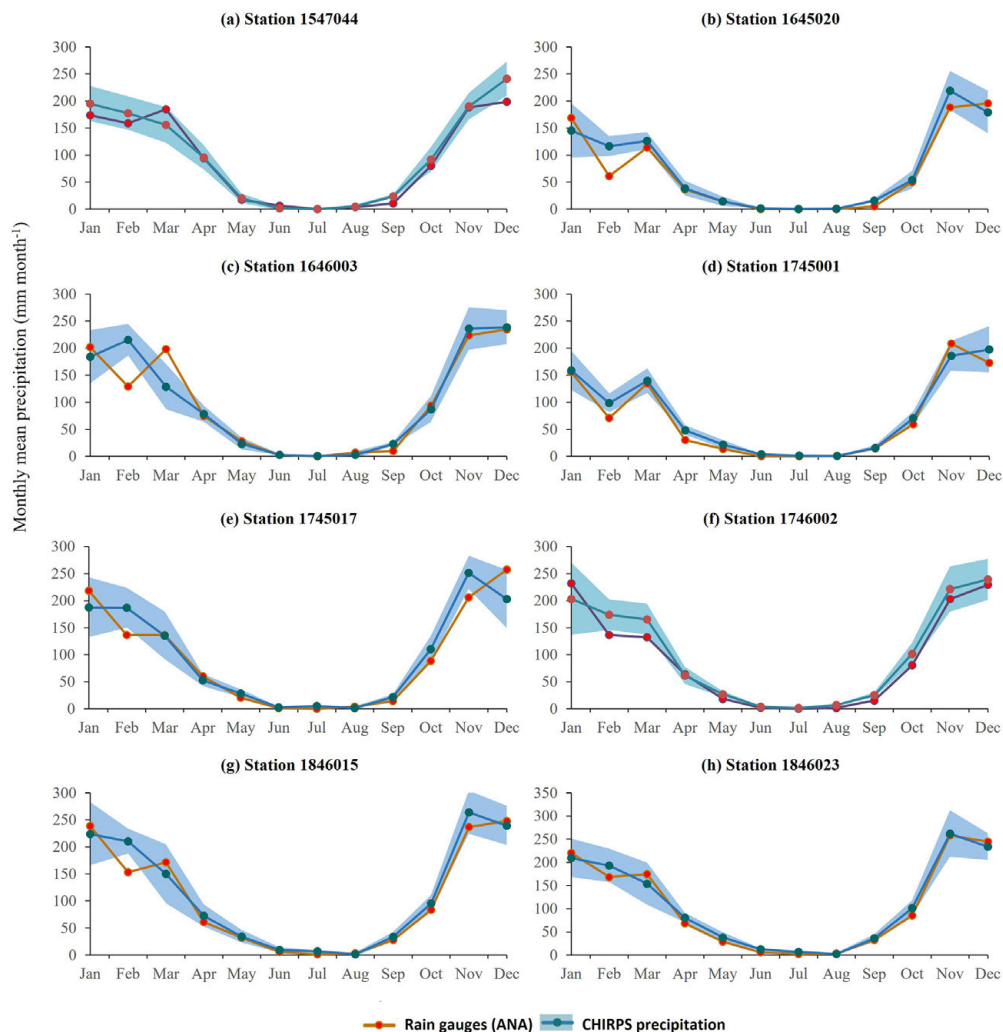
Own elaboration

The difference between precipitation estimated by CHIRPS and observed by ANA (Figure 5) reveals seasonal and regional discrepancies. In general, CHIRPS tends to overestimate precipitation during wet months and underestimate it during dry months. However, station variations may be associated with factors such as topography and local climatic patterns, which influence the satellite's ability to capture the spatial variability of precipitation.

Figure 6 illustrates the comparative analysis between the precipitation data obtained from surface stations (ANA) and those estimated by the remote sensing product CHIRPS for eight rain gauge stations on a monthly scale. The R^2 values ranged from 0.77 to 0.89, demonstrating CHIRPS' ability to explain the variability of the observed data. Among the analyzed stations, station 1846023 presented the highest R^2 value (0.89), indicating an excellent fit between the satellite-derived estimates and the observed data.

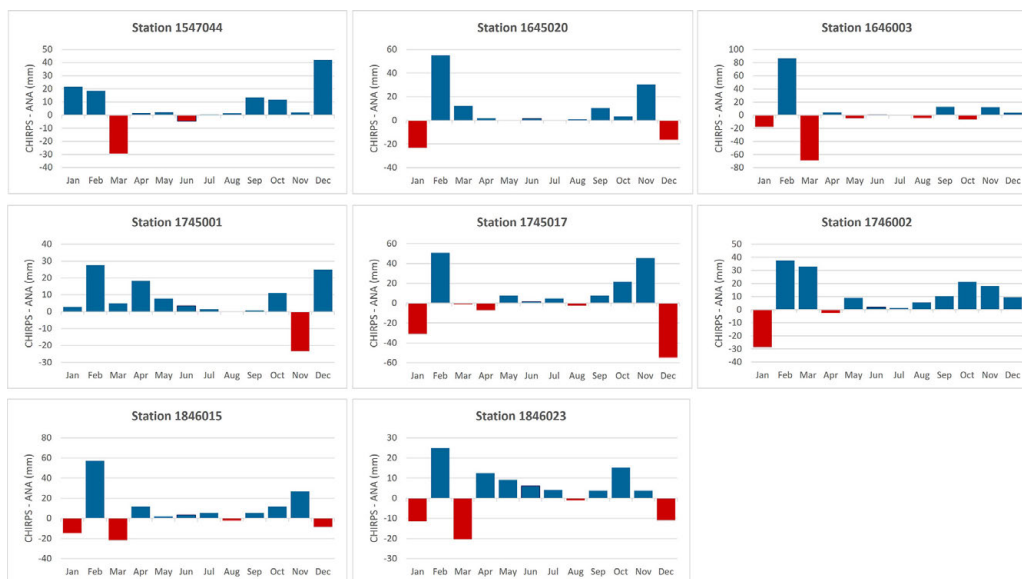
This strong correlation across most stations reinforces the reliability of CHIRPS as a tool for monitoring precipitation in regions with limited rain gauge coverage. By integrating surface observations with satellite-derived estimates, this study underscores the potential of remote sensing to enhance hydrological studies and support water resource management, particularly in areas with complex topography, such as the Paracatu Basin.

Figure 4. Mean monthly precipitation for Rain Gauges and CHIRPS Precipitation in the study area. The shaded region represents the CHIRPS Precipitation series's mean confidence interval ($\alpha = 0.05$). Rain Gauge means that falls outside this shaded area are statistically distinct at this confidence level



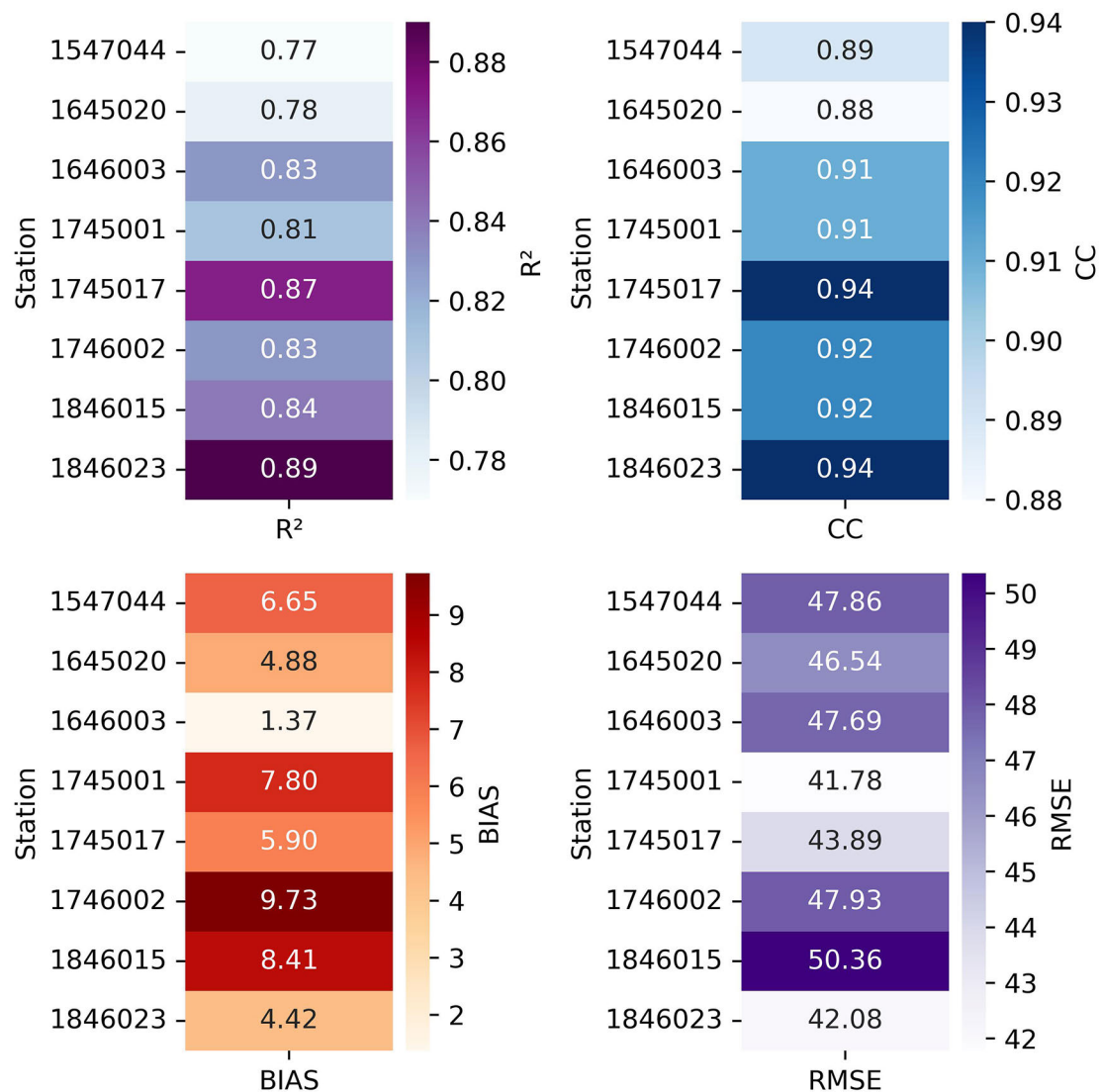
Own elaboration

Figure 5. Calculation of the difference between precipitation estimated by CHIRPS and observed by ANA



Own elaboration

Figure 6. Heatmap showing the statistical summary of the performance metrics of CHIRPS precipitation data compared to field data (monthly scale)



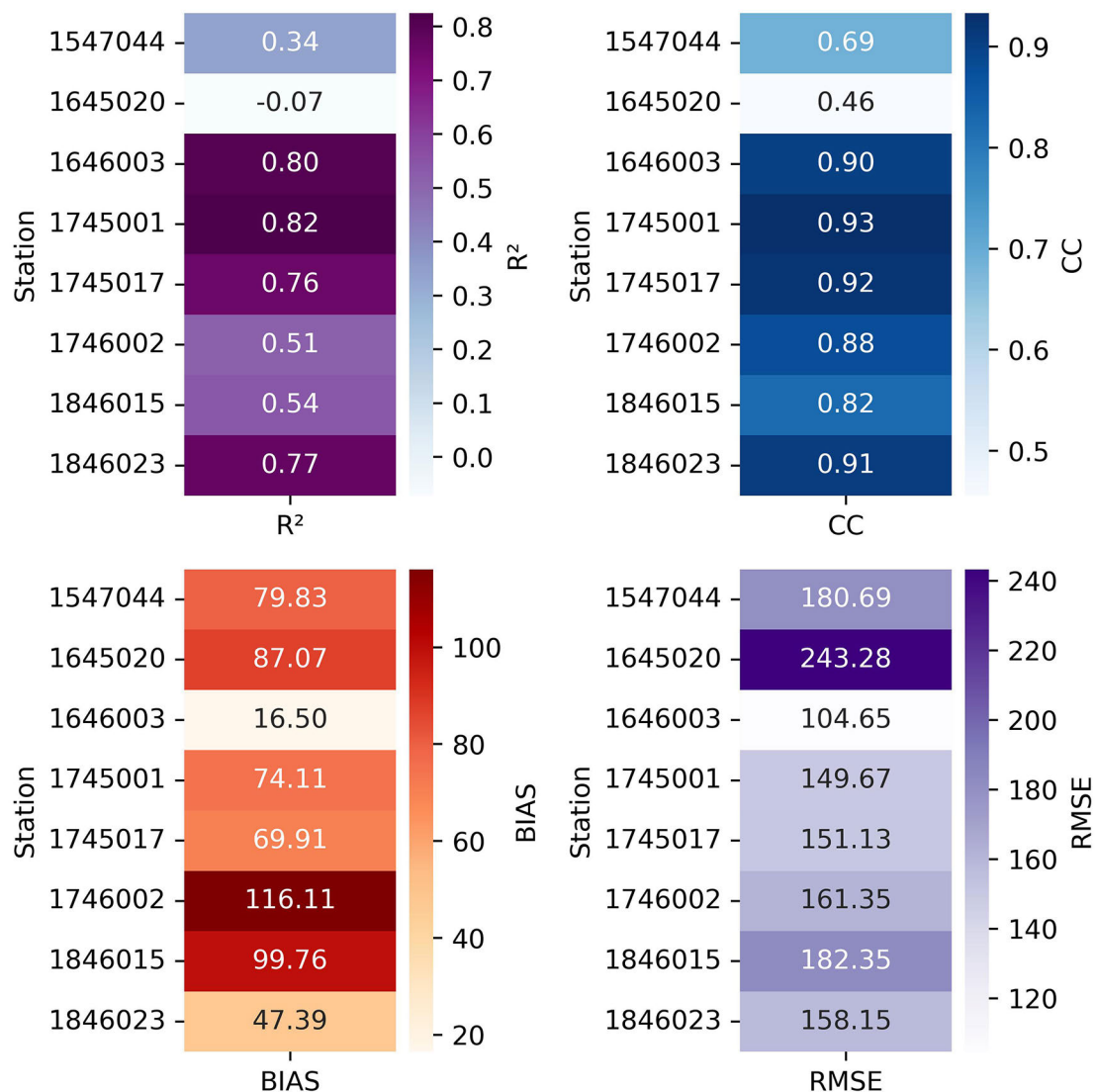
Own elaboration

The correlation coefficients (CC) further confirmed the substantial agreement between CHIRPS estimates and field data, ranging from 0.88 to 0.94. Station 1745017 achieved the highest CC value (0.94), emphasizing the accuracy of CHIRPS data. Bias (BIAS) analysis revealed values ranging from 1.37 to 9.73, with station 1646003 showing the lowest bias (1.37), indicating that CHIRPS estimates were relatively close to the observed data. Conversely, station 1746002 recorded the highest bias (9.73), reflecting a significant overestimation of precipitation at this location.

The RMSE values ranged from 41.78 mm to 50.36 mm, highlighting discrepancies between CHIRPS estimates and observed data. Station 1745001 demonstrated the lowest RMSE (41.78 mm), indicating greater accuracy in the forecast for this location.

On an annual scale, as shown in Figure 7, the analysis revealed notable variability in the fit quality between ANA and CHIRPS data across stations. While some stations exhibited satisfactory R^2 values, others showed poor results. Station 1646003 stood out with an R^2 of 0.80 and a CC of 0.90, indicating a strong correlation and high reliability of CHIRPS estimates for this location. In contrast, station 1645020 exhibited a negative R^2 value of -0.07, reflecting a lack of correlation between ANA and CHIRPS data, which limits the usability of these estimates for analysis or water management decisions.

Figure 7. Heatmap showing the statistical summary of performance metrics for CHIRPS precipitation data compared to field data (annual scale)



Own elaboration

The BIAS, on an annual scale, also varied significantly between stations. Station 1646003 exhibited the lowest bias value (16.50), while station 1746002 recorded the highest bias (116.11), indicating substantial overestimation. Similarly, the RMSE ranged widely, with station 1646003 displaying the lowest RMSE (104.65), confirming the higher precision of CHIRPS estimates for this location. These results highlight the variability in CHIRPS performance across the study area and emphasize caution when applying satellite-derived precipitation data for specific stations, particularly those with weaker correlations.

4. Discussion

The results of the comparative analysis between the precipitation data from ANA and the CHIRPS estimates highlight relevant aspects regarding the reliability and limitations of satellite precipitation products in the Brazilian Cerrado region. Our findings indicate that CHIRPS performs satisfactorily as a complementary tool to in situ observations, especially for monthly precipitation estimates at most Paracatu River basin stations, with R^2 values ranging from 0.77 to 0.89. Similarly, Bhattarai and Talchabhadel (2024) identified CHIRPS as the most accurate product in estimating monthly precipitation totals in their comparative analysis.

The analyzed data show that CHIRPS maintains good performance on the monthly scale, with bias (BIAS) values ranging from 1.37% to 9.73%. Similarly, the correlation coefficients varied from 0.88 to 0.94, indicating

a strong association between CHIRPS estimates and observed data, with most stations showing results within acceptable limits. According to Nadeem et al. (2022), for monthly hydrological studies, the acceptable limits are $\pm 10.0\%$ for bias and ≥ 0.7 for the correlation coefficient.

The root mean square error (RMSE) ranged from 41.78 mm to 50.36 mm, reflecting the discrepancy between CHIRPS estimates and observed data. The lowest RMSE was recorded at station 1745001 (41.78 mm), indicating higher estimation accuracy at this location. RMSE variation is common in tropical and subtropical regions, where the spatial distribution of rainfall is highly irregular. Values near 40 mm indicate higher accuracy in estimates, while values around 50 mm suggest wider error margins, as discussed by Bhattarai and Talchabhadel (2024). This variation reflects the challenges in capturing local rainfall fluctuations, particularly in areas with high spatial and temporal rainfall variability. Similar studies conducted in other tropical regions, such as Ye et al. (2022) in Sub-Saharan Africa, also reported significant variations in RMSE, particularly in areas with high rainfall variability and complex topography, reinforcing the influence of these factors on satellite estimate accuracy.

The months that showed significant variation above the average confidence interval ($\alpha = 0.05$) (Figure 4) coincided with the period of highest precipitation in the region (October to April). These results align with the findings of Datti et al. (2024), which indicate that CHIRPS performs better in detecting precipitation during the dry season. Generally, this product tends to overestimate precipitation in wet months and underestimate it in dry months, a behavior previously reported in studies evaluating its accuracy in different climatic contexts (Bhattarai & Talchabhadel, 2024; Ogbu et al., 2020).

On the annual scale, CHIRPS' performance is not uniform across the basin, with some stations showing more significant errors, possibly due to factors such as topography and local climate patterns. Only four of the eight stations analyzed showed a satisfactory R^2 above 0.7 (Figure 7). Station 1645020, which recorded a negative R^2 (-0.07), indicates the need for caution and further analysis. According to Bhattarai and Talchabhadelet (2024), CHIRPS has limitations in accurately estimating annual precipitation totals, which was also observed by Upadhyay et al. (2022), where the annual R^2 was 35.6% lower than that obtained on the monthly scale. This difference occurs because accumulated annual data tends to be associated with more significant errors, directly impacting the analysis (Ghorbanian et al., 2022).

The statistical data on monthly and annual scales revealed seasonal variations, even within the same watershed, for both data sources (Figures 3 and 4). The literature supports these findings, suggesting local climatic and topographic factors influence precipitation, especially satellite estimates. In mountainous regions, Hsu et al. (2021) argue that CHIRPS' accuracy can be compromised due to difficulties in capturing rainfall variations associated with local orography. Similarly, Nadeem et al. (2022) highlight that specific climatic zones and geographical features play a crucial role in the accuracy of satellite estimates. These topographic influences can result in discrepancies between precipitation estimates and observed data, particularly in areas with variations in relief and microclimates. Additionally, in the Cerrado, the well-defined seasons may affect the accuracy of CHIRPS, especially during the transition periods between dry and wet seasons.

One of the main limitations of this study is the low density of rainfall stations in the study area, with only eight stations distributed over approximately 45,600 km², resulting in limited spatial coverage. Furthermore, the sparse distribution of these stations makes it difficult to identify local patterns and detect extreme events, such as heavy rains concentrated in specific areas (Bai et al., 2018). This limitation is not restricted to CHIRPS data but is a common challenge for most satellite-based precipitation products (Sakib et al., 2021; Bhattarai & Talchabhadelet, 2024).

However, the results indicate that CHIRPS can be a valuable complementary tool for hydrological and agricultural studies in the Paracatu River basin. In regions lacking rainfall stations, CHIRPS data can provide relevant information for agricultural applications, considering that land-based precipitation measurements are also point-based and do not fully represent the study area (Gu et al., 2024; Caparoci Nogueira et al., 2018). This is particularly relevant for agricultural planning and water resource management, where accurate monthly estimates are essential for evaluating crop water requirements, scheduling irrigation, and managing reservoirs.

This study can contribute significantly to management in the Paracatu River basin, an important region for irrigated agricultural production. The basin plays a strategic role in grain production, particularly in the municipalities of Paracatu (72,726 hectares) and Unai (71,573 hectares), which are among the areas with the most significant irrigated pivots in Brazil (Guimarães & Landau, 2020). In this context, relying on other sources of information on precipitation in the region can provide valuable insights for decision-making in the agricultural

sector, promoting more efficient and sustainable water management, encouraging agriculture, contributing to water security, and optimizing resources allocated to irrigation.

5. Conclusions

This study evaluated the performance of the CHIRPS product in estimating precipitation in the Paracatu River basin, located in the Brazilian Cerrado, by comparing its data with surface station observations from 2010 to 2023. The results demonstrate that CHIRPS shows a good correlation with observed data at a monthly scale, with coefficients of determination (R^2) ranging from 0.77 to 0.89 and correlation coefficients (CC) between 0.88 and 0.94, indicating a satisfactory representation of intra-annual precipitation variability. The monthly relative bias (BIAS) remained within an acceptable range (1.37% to 9.73%), with root mean square errors (RMSE) between 41.78 mm and 50.36 mm, reinforcing its usefulness as a complement to rain gauge stations.

However, at an annual scale, the performance of CHIRPS showed limitations, with greater discrepancies in total precipitation. While the stations recorded annual averages between 540 mm and 1,845.6 mm, CHIRPS ranged from 613.0 mm to 1,827.6 mm, presenting both underestimations and overestimations depending on the region and year analyzed. Some stations exhibited unsatisfactory results, notably station 1645020, which showed negative R^2 values (-0.07), highlighting the need for more detailed validations in such cases.

These results emphasize the importance of integrating data from different sources and conducting robust validation analyses to enhance the reliability of satellite data for agricultural and hydrological studies. The variation in results also suggests that local factors, such as topographical features and the distribution of meteorological stations, may influence the accuracy of precipitation estimates.

Therefore, CHIRPS precipitation estimates, when adequately validated, can serve as a valuable alternative to conventional rain gauge data, offering broader coverage and an effective tool for climate monitoring and water resources management in the Paracatu basin and other regions with similar characteristics. This approach is crucial for decision-making in sectors such as agriculture, where the accuracy of climate data directly impacts risk management and irrigation planning.

Future studies could explore the integration of other remote sensing products and analyze how changing climatic conditions impact precipitation estimates. Such analyses are crucial for increasing the resilience of human activities and protecting biodiversity in vulnerable regions, such as the Brazilian Cerrado.

Authorship contribution

Maycow Douglas de Oliveira Silva: Conceptualization, Writing - original draft, and formal analysis.

Paulo Sérgio Cardoso Batista: Validation and Visualization.

Sharrine Omari D. de Oliveira Marra: Project administration, Supervision, and Validation.

Marinaldo Loures Ferreira: Formal analysis and Writing - review & editing.

Acknowledgments

The authors thank the researchers and their teams for all the datasets used in this study. Special thanks to the Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unai (FACTU) for their institutional support and collaboration throughout this research.

References

- Alsilibe, F., Bene, K., Bilal, G., Alghafli, K., & Shi, X. (2023). Accuracy Assessment and Validation of Multi-Source CHIRPS Precipitation Estimates for Water Resource Management in the Barada Basin, Syria. *Remote Sensing*, 15(7), 1778. <https://doi.org/10.3390/rs15071778>
- Alsumaiti, T. S., Hussein, K. A., Ghebreyesus, D. T., Petchprayoon, P., Sharif, H. O., & Abdalati, W. (2024). Development of Intensity–Duration–Frequency (IDF) Curves over the United Arab Emirates (UAE) Using CHIRPS Satellite-Based Precipitation Products. *Remote Sensing*, 16(1), 27. <https://doi.org/10.3390/rs16010027>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Araújo, C. B. C., Filho, F. A. S., Júnior, L. M. A., & Silveira, C. S. (2020). Previsão Sazonal De Vazões Para A Bacia Do Orós (Ceará, Brasil) Utilizando Redes Neurais E A Técnica De Reamostragem Dos K-Vizinhos. *Revista brasileira de meteorologia*, 32, 197-207. <https://doi.org/10.1590/0102-7786351015>
- Baez-Villanueva, O. M., Zambrano-Bigiarini, M., Ribbe, L., Nauditt, A., Giraldo-Osorio, J. D., & Thinh, N. X. (2018). Temporal and Spatial Evaluation of Satellite Rainfall Estimates Over Different Regions in latin-america. *Atmospheric Research*, 213, 34-50. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.05.011>
- Bai, L., Shi, C., Li, L., Yang, Y., & Wu, J. (2018). Accuracy of CHIRPS Satellite-Rainfall Products over Mainland China. *Remote Sensing*, 10(3), 362. <https://doi.org/10.3390/rs10030362>
- Bhattarai, S., & Talchabhadel, R. (2024). Comparative Analysis of Satellite-Based Precipitation Data across the CONUS and Hawaii: Identifying Optimal Satellite Performance. *Remote Sensing*, 16(16), 3058. <https://doi.org/10.3390/rs16163058>
- Boluwade, A. (2024). Spatial-Temporal Evaluation of Satellite-Derived Rainfall Estimations for Water Resource Applications in the Upper Congo River Basin. *Remote Sensing*, 16(20), 3868. <https://doi.org/10.3390/rs16203868>
- Caparoci Nogueira, S. M., Moreira, M. A., & Lordelo Volpato, M. M. (2018). Evaluating Precipitation Estimates from Eta, TRMM and CHIRPS Data in the South-Southeast Region of Minas Gerais State—Brazil. *Remote Sensing*, 10(2), 313. <https://doi.org/10.3390/rs10020313>
- Cattani, E., Ferguglia, O., Merino, A., & Levizzani, V. (2021). Precipitation Products' Inter-Comparison over East and Southern Africa 1983–2017. *Remote Sensing*, 13(21), 4419. <https://doi.org/10.3390/rs13214419>
- Christian, J. I., Martin, E. R., Basara, J. B., Furtado, J. C., Otkin, J. A., Lowman, L. E. L., Hunt, E. D., Mishra, V., & Xiao, X. (2023). Global projections of flash drought show increased risk in a warming climate. *Communications Earth & Environment*, 4, 165. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00826-1>
- Datti, A. D., Zeng, G., Tarnavsky, E., Cornforth, R., Pappenberger, F., Abdullahi, B. A., & Onyejuruwa, A. (2024). Evaluation of Satellite-Based Rainfall Estimates against Rain Gauge Observations across Agro-Climatic Zones of Nigeria, West Africa. *Remote Sensing*, 16(10), 1755. <https://doi.org/10.3390/rs16101755>
- Estrela-Segrelles, C., Pérez-Martín, M. Á., & Wang, Q. J. (2024). Adapting Water Resources Management to Climate Change in Water-Stressed River Basins-Júcar River Basin Case. *Water*, 16(7), 1004. <https://doi.org/10.3390/w16071004>
- Ferreira, M. L., Tormen, G.P., & De Andrade, A.M. (2025). Climate change and irrigation expansion in Northwest Minas Gerais, Brazil: the need for hydroclimatic monitoring. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 22, 5495-5512. <https://doi.org/10.1007/s13762-024-05994-x>
- Freitas, A. A., Drumond, A., Carvalho, V. S. B., Reboita, M. S., Silva, B. C., & Uvo, C. B. (2022). Drought Assessment in São Francisco River Basin, Brazil: Characterization through SPI and Associated Anomalous Climate Patterns. *Atmosphere*, 13(1), 41. <https://doi.org/10.3390/atmos13010041>
- Funk, C. C., Peterson, P. J., Landsfeld, M. F., Pedreros, D. H., Verdin, J. P., Rowland, J. D., Romero, B. E., Husak, G. J., Michaelsen, J. C., & Verdin, A. P. (2014). A quasi-global precipitation time series for drought monitoring. U.S. Geological Survey Data Series. <https://dx.doi.org/10.3133/ds832>

- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Sci Data*, 2, 150066. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>
- Ghorbanian, A., Mohammadzadeh, A., Jamali, S., & Duan, Z. (2022). Performance Evaluation of Six Gridded Precipitation Products throughout Iran Using Ground Observations over the Last Two Decades (2000–2020). *Remote Sensing*, 14(15), 3783. <https://doi.org/10.3390/rs14153783>
- Gu, H., Shen, D., Xiao, S., Zhang, C., Bai, F., & Yu, F. (2024). Evaluation of Daily and Hourly Performance of Multi-Source Satellite Precipitation Products in China's Nine Water Resource Regions. *Remote Sensing*, 16(9), 1516. <https://doi.org/10.3390/rs16091516>.
- Guimarães, D. P., & Landau, E. C. (2020). *Georreferenciamento dos pivôs centrais de irrigação no Brasil: ano base 2020*. Portal Embrapa.
- Han, H., Abitew, T. A., Park, S., Green, C. H. M., & Jeong, J. (2023). Spatiotemporal evaluation of satellite-based precipitation products in the Colorado river basin. *Journal of Hydrometeorology*, 24, 1739–1754. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-23-0003.1>
- Hsu, J., Huang, W. -R., Liu, P. -Y., & Li, X. (2021). Validation of CHIRPS Precipitation Estimates over Taiwan at Multiple Timescales. *Remote Sensing*, 13(2), 254. <https://doi.org/10.3390/rs13020254>
- Júnior, A. F. L., Zanella, M. E., & Sales, M. C. L. (2023). Avaliação do desempenho da precipitação estimada pelo CHIRPS para o Estado do Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 32, 363–382. <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16143>
- Li, X., Zhang, J., Feng, Q., Liu, W., Ao, Y., Zhu, M., Yang, L., Yin, X., Li, Y., & Han, T. (2023). Exploring the Best-Matching Precipitation Traits in Four Long-Term Mainstream Products over China from 1981 to 2020. *Remote Sensing*, 15(13), 3355. <https://doi.org/10.3390/rs15133355>
- Lima, E. D. P., Andrade, R. G., Sediya, G. C., & Bof, L. H. N. (2019). Temporal-spatial control of the difference between precipitation and evapotranspiration in Paracatu sub-basins. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 6. <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.6.6.70>
- Loures Ferreira, M., Medeiros de Andrade, A., Esdras Santiago, W., & Praes de Almeida, R. (2024). Análisis de la disponibilidad y demanda hídrica en una zona con alta demanda de riego por pivote central en Brasil. *Revista De Geografía Norte Grande*, (88). <https://doi.org/10.4067/S0718-34022024000200109>
- Mianabadi, A., Salari, K., & Pourmohamad, Y. (2022). Drought Monitoring Using The Long-Term CHIRPS Precipitation Over Southeastern Iran. *Applied Water Science*, 12, 183. <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01705-4>
- Mouafik, M., Fouad, M., & El Aboudi, A. (2024). Machine Learning Methods for Predicting Argania spinosa Crop Yield and Leaf Area Index: A Combined Drought Index Approach from Multisource Remote Sensing Data. *AgriEngineering*, 6(3), 2283–2305. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6030134>
- Nadeem, M. U., Ghanim, A. A. J., Anjum, M. N., Shangguan, D., Rasool, G., Irfan, M., Niazi, U. M., & Hassan, S. (2022). Multiscale Ground Validation of Satellite and Reanalysis Precipitation Products over Diverse Climatic and Topographic Conditions. *Remote Sensing*, 14(18), 4680. <https://doi.org/10.3390/rs14184680>
- Nicholson, S. E., & Klotter, D. A. (2021). Assessing the Reliability of Satellite and Reanalysis Estimates of Rainfall in Equatorial Africa. *Remote Sensing*, 13(18), 3609. <https://doi.org/10.3390/rs13183609>
- Ogbu, K. N., Houngue, N. R., Gbode, I. E., & Tischbein, B. (2020). Performance Evaluation of Satellite-Based Rainfall Products over Nigeria. *Climate*, 8(10), 103. <https://doi.org/10.3390/cli8100103>
- Paredes-Trejo, F. J., Barbosa, H. A., & Lakshmi Kumar, T. V. (2017). Validating CHIRPS-based satellite precipitation estimates in Northeast Brazil. *Journal of arid environments*, 139, 26–40. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.12.009>
- Paredes-Trejo, F., Alves Barbosa, H., Venkata Lakshmi Kumar, T., Kumar Thakur, M., & de Oliveira Buriti, C. (2021). *Assessment of the CHIRPS-Based Satellite Precipitation Estimates*. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.91472>

- Rachidi, S., El Mazoudi, E. H., El Alami, J., Jadoud, M., & Er-Raki, S. (2023). Assessment and Comparison of Satellite-Based Rainfall Products: Validation by Hydrological Modeling Using ANN in a Semi-Arid Zone. *Water*, 15(11), 1997. <https://doi.org/10.3390/w15111997>
- Reboita, M. S., Rodrigues, M., Silva, L. F., & Alves, M. A. (2015). Climate aspects in Minas Gerais state. *Revista Brasileira de Climatologia*, 17, 2237-8642. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41493>
- Reboita, M. S., Gan, M. A., Rocha, R. P. D., & Ambrizzi, T. (2010). Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista brasileira de meteorologia*, 25, 185-204. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>
- Saldanha, C. B., Radin, B., Cardoso, M. A. G., Rippel, M. L., Fonseca, L. L. D., & Rodriguez, F. (2015). Comparação dos dados de precipitação gerados pelo GPCP vs Observados para o estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 30, 415-422. <https://doi.org/10.1590/0102-778620140139>
- Sakib, S., Ghebreyesus, D., & Sharif, HO (2021). Avaliação de desempenho de produtos IMERG GPM durante a tempestade tropical Imelda. *Atmosphere*, 12(6), 687. <https://doi.org/10.3390/atmos12060687>
- Silva, L. d. D. d. J., Mahmoud, M., González-Rodríguez, L., Mohammed, S., Rodríguez-López, L., & Arias, M. I. A. (2023). Assessment of the IMERG Early-Run Precipitation Estimates over South American Country of Chile. *Remote Sensing*, 15(3), 573. <https://doi.org/10.3390/rs15030573>
- Tórno, C. A. A., Kede, M. L. F. M., & de Souza, L. S. (2024). Avaliação do desempenho das estimativas de precipitação do produto CHIRPS para os municípios de São Gonçalo e Niterói (RJ). *Revista Brasileira de Climatologia*, 34, 79-103. <https://doi.org/10.55761/abclima.v34i20.17317>
- Upadhyay, S., Silwal, P., Prajapati, R., Talchabhadel, R., Shrestha, S., Duwal, S., & Lakhe, H. (2022). Evaluating Magnitude Agreement and Occurrence Consistency of CHIRPS Product with Ground-Based Observations over Medium-Sized River Basins in Nepal. *Hydrology*, 9(8), 146. <https://doi.org/10.3390/hydrology9080146>
- Wiwoho, B. S., Astuti, I. S., Alfarizi, I. A. G., & Sucahyo, H. R. (2021). Validation of Three Daily Satellite Rainfall Products in a Humid Tropic Watershed, Brantas, Indonesia: Implications to Land Characteristics and Hydrological Modelling. *Hydrology*, 8(4), 154. <https://doi.org/10.3390/hydrology8040154>
- Xu, W., Zou, Y., Zhang, G., & Linderman, M. (2015). A comparison among spatial interpolation techniques for daily rainfall data in Sichuan Province, China. *International Journal of Climatology*, 35(10). <https://doi.org/10.1002/joc.4180>
- Yang, Y., & Luo, Y. (2014). Evaluating the performance of remote sensing precipitation products CMORPH, PERSIANN, and TMPA, in the arid region of northwest China. *Theor Appl Climatol*, 118, 429-445. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1072-0>
- Ye, X., Guo, Y., Wang, Z., Liang, L., & Tian, J. (2022). Extensive Evaluation of Four Satellite Precipitation Products and Their Hydrologic Applications over the Yarlung Zangbo River. *Remote Sensing*, 14(14), 3350. <https://doi.org/10.3390/rs14143350>
- Zeng, Z., Wu, W., Peñuelas, J., Li, Y., Jiao, W., Li, Z., Ren, X., Wang, K., & Ge, Q. (2023). Increased risk of flash droughts with raised concurrent hot and dry extremes under global warming. *npj Climate and Atmospheric Science*, 6, 134. <https://doi.org/10.1038/s41612-023-00468-2>
- Zhang, M., Leon, C. de, & Migliaccio, K. (2018). Evaluation and comparison of interpolated gauge rainfall data and gridded rainfall data in Florida, USA. *Hydrological Sciences Journal*, 63(4), 561-582. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1444767>
- Zhu, W., & Liang, K. (2024). Applicability of Precipitation Products in the Endorheic Basin of the Yellow River under Multi-Scale in Time and Modality. *Remote Sensing*, 16(5), 872. <https://doi.org/10.3390/rs16050872>



Análisis de la filiación corológica y el estatus de amenaza de los taxones que integran los alcornocales de la Sierra de Espadán (Castellón, España)

Analysis of the chorological affiliation and the status of the vegetation cover of the cork oak groves of the Sierra de Espadán (Castellón, Spain)

AUTORÍA

**María Cristina
Díaz-Sanz** 

Universidad Autónoma de Madrid, España.

Pedro José

Lozano-Valencia 

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko
Unibertsitatea, España.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.28523>

CITACIÓN

Díaz-Sanz, M. C., & Lozano-Valencia, P. J. (2025). Análisis de la filiación corológica y el estatus de amenaza de los taxones que integran los alcornocales de la Sierra de Espadán (Castellón, España). *Investigaciones Geográficas*, (84), 127-143. <https://doi.org/10.14198/INGEO.28523>

CORRESPONDENCIA

María Cristina Díaz-Sanz (cristina.diazs@uam.es)

HISTORIA

Recibido: 23 octubre 2024
Aceptado: 26 mayo 2025
Publicado: 23 julio 2025

TÉRMINOS

© 2025 María Cristina Díaz-Sanz, Pedro José Lozano-Valencia

 Este trabajo se publica bajo una licencia Creative Commons de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

El Parque Natural de la Sierra de Espadán se sitúa en la Comunidad Autónoma Valenciana (España). La mayor parte del mismo presenta un paisaje cultural caracterizado por la presencia de un bosque de alcornoque (*Quercus suber* L., 1753) favorecido por el ser humano al ser explotado para la obtención de corcho. Este intenso y prolongado manejo del territorio ha dado lugar a una cierta transformación de la cubierta vegetal original favoreciendo a algunas especies y controlando a otras. A través de varias estancias en la Hacienda Mosquera, dentro de la mencionada sierra, se abordó el inventariado sistemático de 10 parcelas representativas del alcornocal. En este trabajo se muestra la caracterización biogeográfica de dicho paisaje, así como los resultados del análisis del estatus de conservación y la filiación corológica del listado de especies detectado. Los resultados revelan un gran número de especies comunes o con bajo nivel de amenaza fruto de esa forma de gestión. Por su parte, predominan las filiaciones de componente mediterráneo (63 %), mientras que son bajas las subcosmopolitas y plurirregionales (5 %). También resulta interesante observar que el componente eurosiberiano (20 %) es mayor de lo que podría preverse.

Palabras clave: vegetación; inventario fitosociológico; estatus de conservación; filiación corológica; alcornocales; Sierra de Espadán.

Abstract

The Sierra Espadán Natural Park is located in the Autonomous Region of Valencia (Spain). Most of it has a cultural landscape characterised by the presence of a cork oak forest (*Quercus suber* L., 1753), boosted by humans, who have exploited it to obtain cork. This intense and prolonged management of the territory has led to a certain transformation of the original vegetation cover, favouring some species and controlling others. A systematic inventory of 10 representative plots of cork oak forest was undertaken, which required several stays in the Hacienda Mosquera within the aforementioned mountain range. This study shows the biogeographical characterisation of this landscape and presents the results of the analysis of the conservation status and the chorological affiliation of the list of species detected. The results reveal a large number of common species or species with a low level of threat due to this form of management. On the other hand, Mediterranean component

affiliations predominate (63 %), while sub-cosmopolitan and pluri-regional affiliations are low (5 %), although those components with wide territorial ranges are low. It is also interesting to note that the Euro-Siberian component (20 %) is higher than might be expected.

Keywords: Vegetation; phytosociological inventory; conservation status; chorological affiliation; cork oaks; Montain the Espadán.

1. Introducción

Son varios los aspectos que otorgan un notable valor biogeográfico a este sector, aunque no se profundizará en la descripción detallada de la mesología y las características geográficas.

El mundo rural de España se caracteriza por, entre otras muchas variables, presentar una explotación del territorio centrada en el sector primario (agricultura, ganadería y explotación forestal (Gonzalvo & Pérez, 2022). Se trata de un sistema original que, hasta los años 60 del pasado siglo, mantenía una gran cantidad de contingentes humanos y una densa explotación relativamente sostenible del territorio. Sin embargo, desde la década de los 60 del S. XX hasta la actualidad, las poblaciones rurales están sufriendo un declive importante de la población, y en especial dentro de la provincia de Castellón (Tarrazón, 2017). De la misma manera, todo ello se ve reflejado en los cambios que se están produciendo en su entramado territorial, fundamentalmente a través de un claro proceso de descenso de las actividades agrarias tradicionales o pérdida de determinados usos relacionados fundamentalmente con la explotación agraria.

Tanto en España como en el resto de Europa, se están produciendo variaciones significativos en los modelos tradicionales de uso y gestión de amplias áreas del espacio rural, debido a los procesos de pérdida de actividades agrarias en algunos casos, y de intensificación de la producción agrícola en otros. Muchas de estas regiones que ahora se enfrentan al riesgo del abandono o la sobreexplotación, han sido moldeadas a lo largo de los siglos por estructuras agrarias tradicionales (De Jaime, 2009), a través de prácticas extensivas que respetan la conservación del entorno. Se trata de paisajes agrarios de gran valor ecológico, económico, social y territorial, que se presentan como bosques culturales. Sin embargo, su dinámica está siendo afectada y, al no estar incluidos en los programas de protección, no reciben la atención adecuada que necesitan.

En un entorno como la Sierra de Espadán, declarada Parque Natural por la Generalitat Valenciana en 1998, existen determinados usos relacionados con la explotación sostenible del bosque que deben ser puestos en valor.

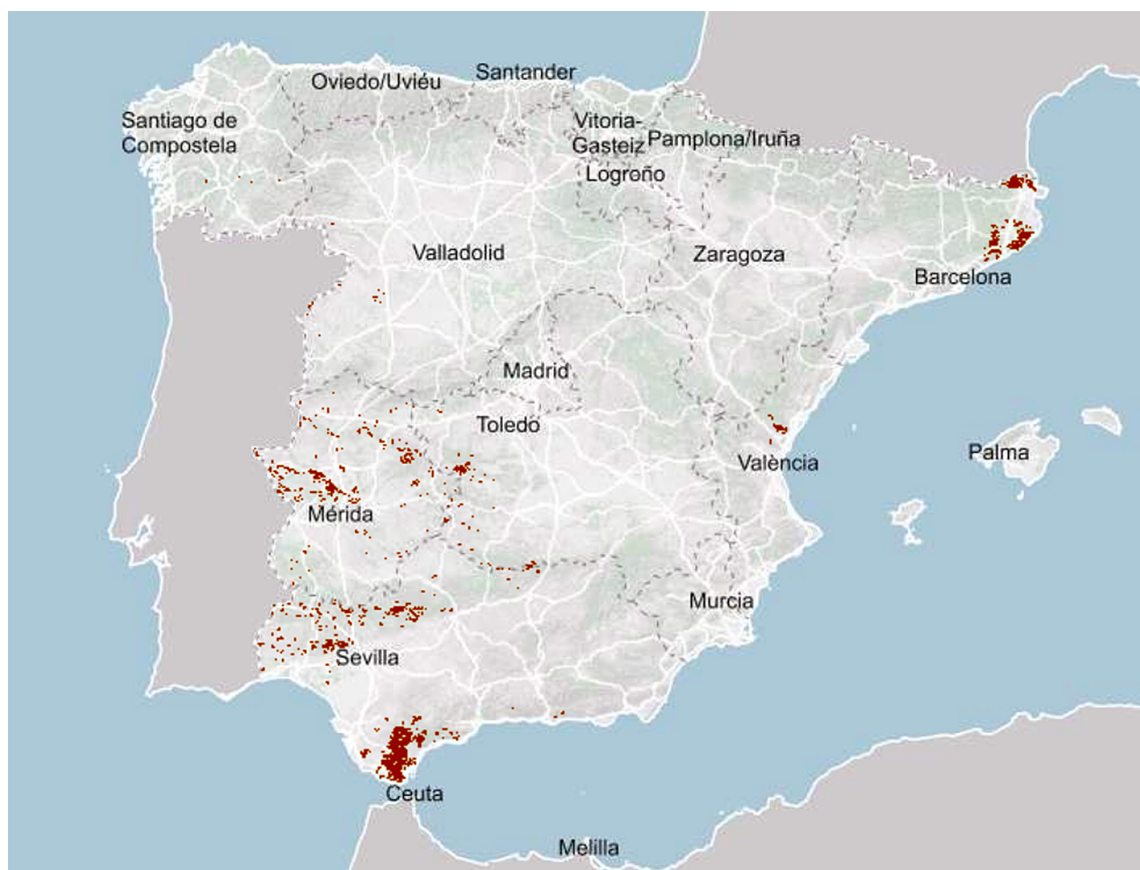
Se trata del segundo espacio protegido más extenso de esta comunidad autónoma, localizado al sur de la provincia de Castellón.

1.1. Contexto biogeográfico de los alcornoques ibéricos y estado de la cuestión

Es necesario hacer un primer encuadre del contexto territorial donde aparece este alcornocal y compararlo con otros trabajos realizados. Al respecto, hay que reseñar que según Díaz et al. (2009), el alcornocal de la Sierra de Espadán habría que considerarlo dentro del subtipo de alcornoques catalanes. Éstos ocupan el sector más oriental de la península ibérica: el nordeste y sudeste de Girona, el noreste de Barcelona junto a aquellos que se disponen en las provincias de Castellón y Valencia. Se diferencian de los gaditano-onubenses, de los lusoextremeños típicos, los lusoextremeños continentales y los eurosiberianos, siendo estos últimos los más escasos y raros. Todavía más alejados se encontrarían los alcornoques del norte y noroeste peninsular. De hecho, la presente mancha comparte menos del 10 % de los taxones de los alcornoques descritos por Rodríguez-Gutián et al. (2021).

No obstante, es necesario comparar el cortejo de este alcornocal con otros (Figura 1). Quizás, las manchas más estudiadas han sido tradicionalmente las andaluzas y, dentro de las mismas, las que se corresponden con el Parque Natural de Los Alcornocales, situado en la provincia de Cádiz, pero con una pequeña extensión también dentro de Málaga (LIFE CO2RK, 2023). Esta mancha es la más extensa de toda España y muestra ciertas similitudes con la de Espadán.

También es necesario observar la variación del cortejo de los alcornoques, teniendo en cuenta su estado evolutivo, su madurez y los usos del suelo sobre los que sitúan o existen a su alrededor (Ritsche et al., 2021).

Figura 1. Distribución estimada del *Quercus suber* en la península ibérica

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), 2025

1.2. Objetivos e hipótesis del trabajo

Este trabajo presenta los resultados del análisis del estatus y la filiación corológica de la vegetación de la Sierra de Espadán, concretamente dentro del sector de la Hacienda Mosquera, obtenidos durante el trabajo de campo realizado por el grupo de investigación Lurralde-on. Se recopilaron, analizaron y evaluaron diferentes ejemplos de formaciones y paisajes vegetales en esta área de Castellón.

Por otra parte, se parte de varias hipótesis como son:

1. Se supone, a priori, que la amplia modificación del paisaje y la explotación de los recursos forestales contrasta con la evidente necesidad de proteger un espacio con grandes valores ambientales y que, de hecho, recibe la figura de parque natural. Se quiere averiguar hasta qué punto esa explotación ha dado lugar a una cierta banalización de la cubierta vegetal a partir del dominio de especies ubiquestas, antropófilas o nitrófilas frente a otras que reciban una amenaza importante y sean calificadas dentro de las categorías de máxima protección.
2. Por otra parte, el hecho de la existencia de dicho manejo silvícola puede que nos haga pensar que dominan las filiaciones de amplio rango (subcosmopolitas, circumboreales y/o plurirregionales) que muestran estas especies más banales o ubiquestas frente a otras de menor rango como los endemismos.
3. Por último, las condiciones bioclimáticas deberían dar lugar a filiaciones mediterráneas, por encima de otras de carácter más eurosiberiano o atlántico.

2. Metodología

2.1. Descripción mesológica del área de estudio

La Sierra de Espadán tiene una alineación NNO-SSE, entre las poblaciones de Montanejos, en el interior y Montan al exterior, y la Vilavella cercano al litoral. Forma parte de las comarcas del Alto Mijares, Alto Palancia y la Plana Baixa, con una anchura máxima de 20 km. Se trata de un territorio rural con baja densidad poblacional y un claro envejecimiento de la misma.

A continuación, se describen los factores mesológicos propios de la zona de estudio.

Geológica y geomorfológicamente esta sierra se encuentra enmarcada en el dominio estructural del Sistema Ibérico. En la Hacienda Mosquera (explotación privada para la obtención de corcho de gran calidad) litológicamente existe un claro dominio de las areniscas y pudingas del Permotrias, en el tránsito entre el pérmico (último piso del Paleozoico) y el Triásico (primero del Mesozoico), en concreto el Buntsandstein. En otros sectores también existen arcillas abigarradas y margas yesíferas, como del triásico (en este caso facies Keuper) y calizas y calizas dolomíticas del jurásico. La orogenia Alpina plegó todos estos materiales y dio lugar a una serie de relieves positivos que, durante algo más de 60 millones de años han ido siendo modelados por la acción erosiva de los agentes geológicos externos. Así, la red fluvial se encaja e incide profundamente de manera mecánica sobre las rocas lo que da lugar a unas pendientes medias relativamente elevadas y unos relieves vigorosos que, en las partes culminares pueden llegar a los 1.100 m. Entre las zonas más elevadas y los fondos de valle existe la acción de la dinámica de laderas y se pueden hallar coladas de bloques métricos y decimétricos en la base de los cantiles rocosos, seguramente hoy en día poco funcionales pero en periodos más fríos perfectamente dinámicos, junto a lóbulos de solifluxión y *pieds de vache* en las laderas medias y bajas, generados a partir de la arroyada laminar o difusa y pequeños *rills* y cárcavas a partir de una arroyada más concentrada y situada en los sectores más bajos (Martínez & Carbó, 2019).

El clima es claramente mediterráneo, de hecho, esta sierra muestra su límite más sudoriental a escasos 20 kilómetros de la línea del mar. La influencia de la masa marina del mediterráneo es clave para mostrar unas temperaturas medias que oscilan entre 15,6° C y 15,5°. Cabe señalar que en las cotas superiores las temperaturas serán más bajas, pero no se dispone de observatorios o trabajos que puedan aportarnos datos más detallados. En lo referente a la precipitación, la zona registra entre 481 y 637 mm/año (Gimeno et al., 2001). Es lógico pensar que, también con respecto a las precipitaciones, seguramente existirá un incremento en las mismas en la medida en que se asciende hacia las cotas superiores. El propio relieve de la Sierra y su situación al frente del mediterráneo occidental genera desigualdades y contrastes, con un pronunciado periodo de sequía estival e importantes precipitaciones, concentradas en otoño principalmente, a las que se unen los vientos húmedos procedentes de levante y responsables de grandes lluvias en cortos periodos de tiempo, debidos al efecto pantalla y la orientación de la Sierra; y las criptoprecipitaciones que aumentan la humedad en algunos valles. Si bien es cierto que existen grandes diferencias entre las vertientes de umbría y solana, lo que se ve reflejado en el tipo de vegetación (La Roca & Hurtado, 2011). No cabe duda de que en un contexto de cambio climático serán necesarias nuevas observaciones e investigaciones que analicen de qué manera dicho efecto podrá tener a esta escala local. Esto resulta especialmente relevante si se considera que, a escala de la Península Ibérica ya se observan efectos concretos sobre la mayor parte de las manchas de alcornoque (Fernández-Cancio et al., 2012).

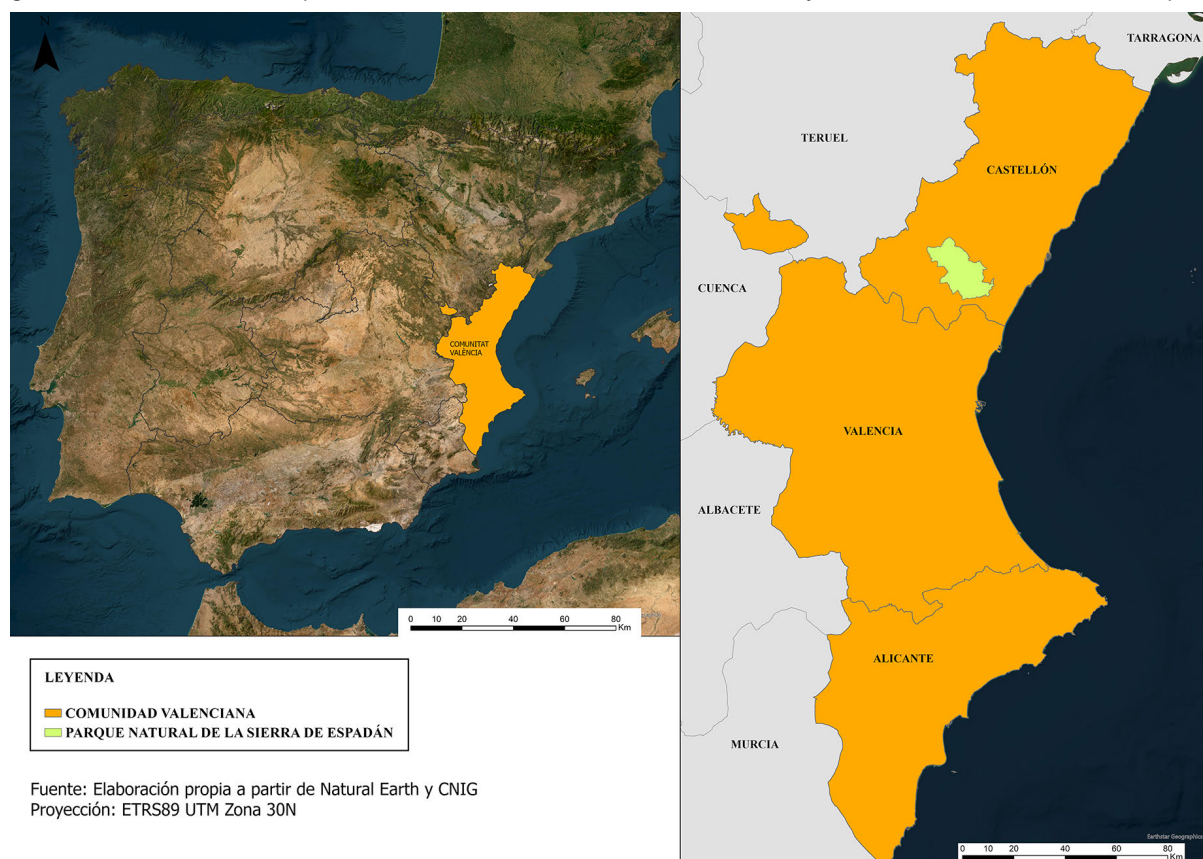
La población ha tenido un fuerte vínculo que ha unido históricamente a la población de dicho territorio con los recursos naturales que proporciona este delicado espacio de alto valor ecológico (Grau, 2012). En la actualidad, persisten importantes áreas boscosas que, presentan modelos de gestión sostenidos en el tiempo y altamente sostenibles. Varios autores se refieren a estos espacios como auténticos bosques culturales (Braga et al., 2014; La Roca et al., 2016, 2018; De Jaime, 2009; Vicente Rabanque et al., 2022). Se trata de paisajes patrimoniales donde la intervención humana contribuye a mantener altos niveles de diversidad, así como valiosos aspectos paisajísticos y una gran relevancia social y económica (Montero & López, 2008). La conservación y la reproducción de los sistemas agrarios está estrechamente relacionada con el tipo de sociedades y las relaciones que en su interior se establecen entre los distintos grupos sociales (Guzmán, 2000). Merece, pues, la pena abordar la caracterización, análisis y valoración biogeográfica del alcornoque de la Sierra de Espadán, y más en concreto en la Hacienda Mosquera (Figura 2) se encuentra un buen ejemplo de bosque cultural de gran biodiversidad. Determinado como perteneciente a la asociación *Asplenio onopteridis-Quercetum suberis* (Costa, 1986, 1999) por los fitosociólogos, y la serie *Asplenio onopteridis-Quercus suberissigmetum* (Rivas-Martínez, 1987; Costa, 1987, 1999; Costa et al., 2005).

El alcornoque es la especie emblemática de la Sierra de Espadán, tanto por su valor ecológico y patrimonial como por la extensión que adquiere, pues concentra la mayor del paisaje serrano, amén de la explotación económica sistemática del corcho (Carrascosa & Felipe, 2012).

El paisaje de este sector se caracteriza por la gran diversidad de ecosistemas: bosque mediterráneo de encinas (*Quercus rotundifolia*) y pino carrasco (*Pinus halepensis*), pinares de pino rodeno (*Pinus pinaster*), curiosos bosquetes de castaños (*Castanea sativa*), bosques de ribera, zonas rurales y alcornoqueales (*Quercus suber*) que, sin duda, por su buen estado de conservación y singularidad son un ecosistema representativo

de este territorio. Esta característica unida a algunos endemismos que solo aquí se puede encontrar, lo convierte en un lugar especialmente interesante y original desde el punto de vista paisajístico, despertando un gran interés tanto científico como social.

Figura 2. Localización del bosque de *Quercus suber* inventariado, caracterizado y valorado dentro de la Sierra de Espadán



Fuente: Natural Earth and CNIG. Elaboración propia

2.2. Metodología de inventariado y análisis

El sector elegido para estudiar la vegetación ha sido la Hacienda Mosquera (una superficie de más de 224 ha), gestionada hasta hace unos años desde la casa de la Masía de la Mosquera, se seleccionaron las diferentes parcelas a través de las ortofotos y del trabajo de campo de reconocimiento (Figura 3). Se ha utilizado la información geográfica que la infraestructura de datos espaciales de la Generalitat Valenciana y el IGME pone a disposición del usuario.

La elección de las parcelas se basa en los siguientes criterios:

- Completar un transecto que recogiera los distintos ambientes y facies que se habían detectado a través del trabajo de campo y fotointerpretación.
- Garantizar la necesaria diversidad mesológica, es decir, diferentes condiciones de tipo geológico-geomorfológico, edafológico, hidrológico, faunístico, orientación, pendientes, etc.
- Seleccionar las parcelas atendiendo a los retos de investigación que se propusieron.

Con todo, se caracterizó y evaluó un total de 10 parcelas, de 20 x 20 m, número suficiente y avalado por numerosas investigaciones que demuestran que la curva de frecuencia de especies se vuelve asintótica tras superar estos valores (Mostacedo & Fredericksen, 2000; Lozano-Valencia et al., 2020).

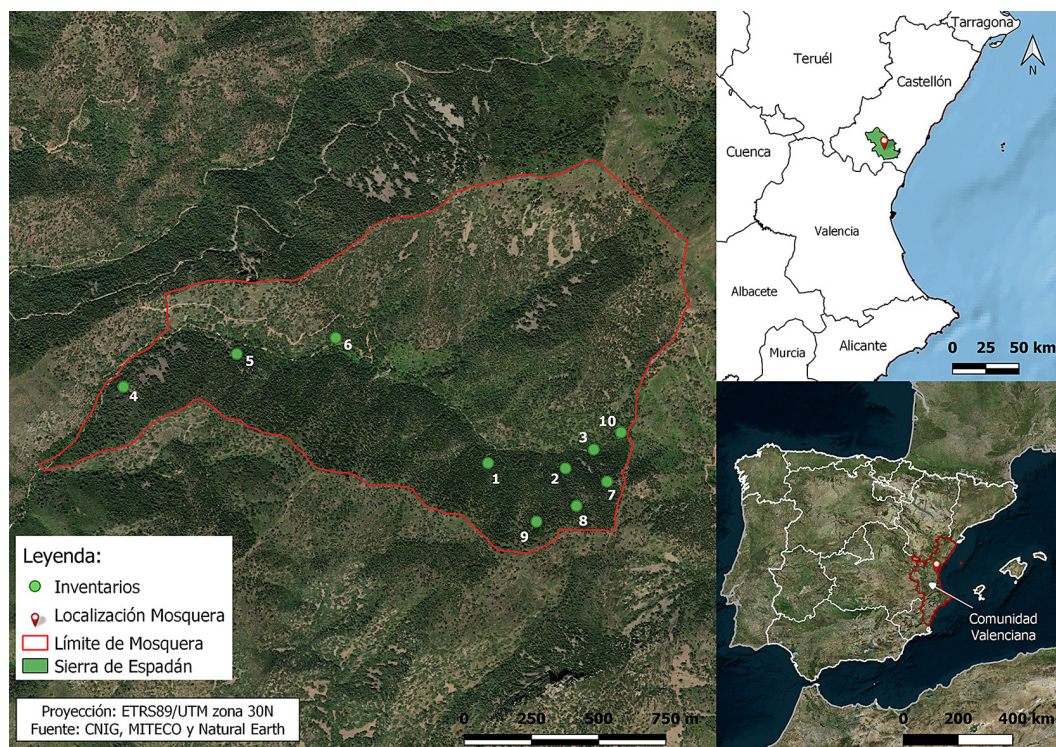
La elección se ha realizado a partir de un inventariado aleatorio y estratificado, a través de Q-SIG (teniendo en cuenta un número de parcelas proporcional a la extensión de cada facies) (Figura 4), de cara a obtener una representación lo más fiel y objetiva posible del cortejo vegetacional y el paisaje forestal de la sierra, realizándose los inventarios entre las primaveras de 2023 y 2024 y el verano-otoño de 2023, dentro de unas épocas muy favorable fenológicamente para el estudio de la vegetación de estos sectores y que muestran un periodo dilatado y repartido para evitar los sesgos fenológicos.

Figura 3. Fotografías del reconocimiento del territorio y elección de las parcelas a diferentes altitudes a través del trabajo de campo



Elaboración propia

Figura 4. Localización de los diez inventarios de *Quercus suber*



Fuente: imágenes del CNIG, MITECO y Natural Earth. Elaboración propia

Una vez delimitada la extensión global del bosque de *Quercus suber* y concretada la localización de las parcelas (10 como viene siendo habitual) (Tabla 1) se pasó a localizar las coordenadas de las mismas con un GPS sobre el terreno. Para cada uno de las inventarios o parcelas de 20 x 20 m se obtuvieron los datos de localización e identificación del lugar (coordenadas UTM, topónimos, etc.), aspectos y rasgos geográficos (tipo de roca, grado de pendiente, exposición, tipo de suelo, posición topográfica, etc.) y medioambientales generales, fotografías de las parcelas (Figura 5), y otros aspectos generales. A continuación se tomaron no sólo los datos sobre todos los taxones de la flora vascular presentes (inventarios fitosociológicos similares a los de la escuela sigmatista de Braun-Blanquet), sino también de la flora fúngica y líquénica y la cobertura de las especies de la briofita (estrato muscinal), con indicación de la cobertura general para los musgos, líquenes, hojarasca y suelo desnudo y la de cada especie con el resto, con una escala de 6 clases (5: máximo,

r: mínimo; r menos del 1 % de cobertura, 1 entre el 1,1 % y el 10 %, 2 entre el 10,1 % y el 25 %, 3 entre el 25,1 % y el 50 %, 4 entre el 50,1 % y el 75 % y 5 entre el 75,1 % y el 100%), por cada uno de los cuatro estratos en que dividimos convencionalmente las comunidades (estrato >5 m, entre 4,9 y 1 m, entre 0,9 y 0,5 m e inferior <0,49 m) y la cobertura global (Lozano-Valencia et al., 2022).

Tabla 1. Parcelas de inventariado en el alcornocal de la Sierra de Espadán

Código	Altitud	Exposición	Pendiente (°)	Coordenadas	Sit. Topográfica
1	640	W	4	30S 0725159 – 4416768	Fondo de valle
2	683	N	32	30S 0725514 – 4416695	Ladera media
3	689	S	38	30S 072551 – 4416739	Ladera media
4	480	NW	56	30S 0723760 – 4416990	Terraza fluvial
5	553	N	38	30S 0724224 – 4417086	Ladera baja
6	590	S-SW	25	30S 0724592 – 4417146	Ladera baja
7	765	W-NW	15	30S 0725656 – 4416579	Ladera media con barranco
8	788	E	53	30S 0725615 – 4416377	Ladera alta
9	792	S-SE	47	30S 0725464 – 4416412	Divisoria de aguas
10	720	W	33	30S 0725654 – 4416794	Ladera alta

Elaboración propia

Figura 5. Ejemplos de estructura y vegetación de algunos inventarios



Elaboración propia

Por último, se valoró la cobertura global de cada taxón en el espacio tridimensional general de la parcela (Lozano-Valencia et al., 2022).

En las parcelas analizadas e inventariadas se obtiene el mencionado anteriormente listado de especies que cuentan con un grado de protección dependiendo de su estatus. Dichos grados de protección han sido obtenidos a partir del Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazada (Generalitat Valenciana, 2022).

3. Resultados

El número total de taxones encontrados en el alcornocal de la Sierra de Espadán son 84: 19 árboles y arbustos (fanerófitos y caméfitos altos –más de 1 m–), 29 matas y trepadoras (caméfitos bajos –menos de 1 m– y taxones epífitos escandentes) y 39 herbáceas (hemicriptófitos, criptófitos, geófitos y terófitos) (Tabla 2). La riqueza de especies es elevada (<autocita anonimizada>), sobre todo si se tiene en cuenta la cantidad de taxones que se repiten en diferentes parcelas. En este caso esto sucede con los siguientes taxones: *Quercus suber* y *Quercus rotundifolia*; *Daphne gnidium*, *Calitocome spinosa*; y *Brachypodium retusum*, es decir sólo el 5,95% se vería representado en todas las localizaciones, lo que demuestra un alto grado de diversidad específica por inventario. La mayor parte de los taxones recogidos en las 10 parcelas, además, son claramente acidófilos o indiferentes a la acidez del sustrato. Por su parte, en 9 parcelas aparecerían los siguientes árboles y arbustos: *Erica arborea*; en matas y trepadoras: *Ulex parvifolius*, *Asparagus acutifolius*, *Rubia peregrina* subsp. *longifolia* y *Hedera helix*; y en herbáceas: *Asplenium onopteris*, *Biscutella calduchii* y *Galium maritimum*. De esta forma, sólo el 9,52 % aparecería en 9 de las 10 localizaciones. Como se ha indicado anteriormente, la mayor parte de los taxones apuntados marcan una clara tendencia hacia suelos con pH ácido. Por su parte, los taxones aparecidos en 8 de las 10 parcelas serían *Cistus albidus* en matas y trepadoras; y *Polypodium cambricum* subsp. *cambricum* en herbáceas. Con lo que el 2,4 % de los taxones se encontrarían en 8 de las 10 localizaciones estudiadas. Siguen dominando las especies acidófilas o indiferentes al pH del sustrato. Por último, el 34,5 % de todos los taxones detectados sólo se circunscribirían a una de las 10 parcelas estudiadas, lo que representa un porcentaje relativamente elevado puesto que supone algo más de un tercio de todos los taxones detectados.

Tabla 2. Taxones junto a sus coberturas dentro de los distintos inventarios realizados

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	E	FC
ÁRBOLES Y ARBUSTOS	<i>Quercus suber</i>	3	3	4	3	4	4	3	4	3	4	C	Med-Occ
	<i>Quercus rotundifolia</i>	r	1	r	r	2	2	2	r	1	1	LC	Med
	<i>Quercus coccifera</i>										r	LC	Med-Occ
	<i>Prunus mahaleb</i>	1			r							C	Eur
	<i>Salix alba</i>	1										C	Eur
	<i>Crataegus monogyna</i>	1		1	1							LC	Eur
	<i>Erica lusitanica</i>	2	3	r	2	1	2	1	r	2		LC	Med-atl
	<i>Phyllirea angustifolia</i>	r	r		r	1	1					C	Med-Occ
	<i>Rhamnus alaternus</i>	r			1	r		r			r	LC	Med
	<i>Arbutus unedo</i>		r									LC	Med
	<i>Cytisus villosus</i>				2							C	Med
	<i>Celtis australis</i>				1							C	Med
	<i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>				1		r		r			LC	Plur
	<i>Nerium oleander</i>				r							C	Med-meri
	<i>Pistacia lentiscus</i>				r	r						LC	Med
	<i>Ficus carica</i>						r					C	Med
	<i>Pinus pinaster</i>							1		r		C	Med-Occ
	<i>Juniperus oxycedrus</i>							1	r	r	r	VU	Med
	<i>Prunus dulcis</i>								r		2	C	Irano-turani
	<i>Cistus albidus</i>	r		r	r		1	2	3	1	1	LC	Med-Occ
MATAS Y TREPADORAS	<i>Cistus clusii</i>						r			r	1	LC	Med-Occ
	<i>Cistus monspeliensis</i>										r	C	Med
	<i>Ulex parviflorus</i>	1	1	3	1	1	2	3		3	3	LC	Med-Occ
	<i>Helianthemum marifolium</i>	r		1		r	1	1	r			LC	Med-meri
	<i>Daphne gnidium</i>	1	r	r	1	r	r	r	r	r	r	LC	Med
	<i>Asparagus acutifolius</i>	2	r	2	1	1		r	1	r	1	LC	Med
	<i>Lavandula stoechas</i> subsp. <i>stoechas</i>	r					r	3	r	r		LC	Med
	<i>Euphorbia characias</i>	1			r	r					r	LC	Med-Occ
	<i>Rubia peregrina</i> subsp. <i>longifolia</i>	1	1	2	1	1		r	1	r	2	LC	Med
	<i>Lonicera implexa</i>	3	r		1							LC	Med
	<i>Lonicera etrusca</i>				r							C	Med
	<i>Cytisus spinosus</i>	1	r	2	1	r	r	r	2	1	3	C	Eur
	<i>Rosa canina</i>	2			1							LC	Eur
	<i>Rosa arvensis</i>	r										C	Eur
	<i>Rubus ulmifolius</i>	1	r	1	1	1						LC	Holártica
	<i>Ruscus aculeatus</i>	4	2	r	1	3	1					LC	Med
	<i>Smilax aspera</i>	2	1		2	4	r		r			LC	Med
	<i>Osyris alba</i>	2		3	3	r						LC	Med
	<i>Hedera helix</i>	1	4	r		3	r	r	r	r	r	LC	Med
	<i>Origanum vulgare</i>				1							C	Med-Occ
	<i>Arundo donax</i>				r							C	Chino-Japon
	<i>Ballota hirsuta</i>				1			r				LC	Med-Occ
	<i>Salvia rosmarinus</i>						1	1	2	1		LC	Med
	<i>Thymus vulgaris</i>						r	1	1	1	r	LC	Med
	<i>Helichrysum stoechas</i>							r	r	r	r	LC	Med
	<i>Stachellina dubia</i>								r			C	Med-Occ
	<i>Trachycarpus fortunei</i>								r			Int	Asia
	<i>Clematis flammula</i>			1								LC	Med-sept

HERBÁCEAS	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	r				r				r		LC	Eur
	<i>Brachypodium retusum</i>	2	1	2	3	2	2	2	3	1	3	LC	Med
	<i>Silene italica</i>	r										C	Med
	<i>Asplenium onopteris</i>	1	1	r	1	r			1	r	1	LC	Med
	<i>Polypodium cambricum</i> subsp. <i>cambricum</i>	1	r	r	3	1			r		1	LC	Med
	<i>Thapsia villosa</i>	r										C	Med-Occ
	<i>Sedum sedifforme</i>	1										LC	Med
	<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>nigra</i>	r			1	r						LC	Plur
	<i>Vicia cracca</i>	1			1	r						C	Eur
	<i>Sanguisorba minima</i>	1										LC	Eur
	<i>Geranium robertianum</i>	r	r	r	1							C	Eur
	<i>Ligusticum lucidum</i>	r										C	Med-atl
	<i>Carex halleriana</i>	1	r		1	1	r	r			1	LC	Med
	<i>Viola alba</i>	r										LC	Med
	<i>Viola reichenbachiana</i>	r			r							C	Eur
	<i>Mentha longifolia</i>	r										C	Eur
	<i>Myosotis ramosissima</i>	1			r	r						C	Subc
	<i>Bromus tectorum</i>	r										C	Eur
	<i>Lactuca tenerrima</i>	r										LC	Med-Occ
	<i>Meibomia minima</i>	r										C	Med-Occ
	<i>Biscutella calduchi</i>	1	r		r	r	1	1	1	r	1	LC	Med-Ibérica
	<i>Lagurus ovatus</i>	r	r		r	r						C	Eur
	<i>Gallium maritimum</i>	r	r	r	r	r	1		r	r	r	C	Med-Occ
	<i>Gallium lucidum</i>								1	1		C	Med
	<i>Silene vulgaris</i>	1			1	1						LC	Holártica
	<i>Sedum sedifforme</i>		1		1	r	r		r	r	r	LC	Med
	<i>Umbilicus rupestris</i>		r								r	LC	Med
	<i>Centaurea pauii</i>			r	r			1	1	r	r	LC	Med
	<i>Koeleria vallesiana</i>				r	r		r	r	r	1	C	Subc
	<i>Bituminaria bituminosa</i>				2	r						LC	Med
	<i>Orobancha alba</i>				r	r						C	Eur
	<i>Peucedanum palustre</i>				r							C	Eur
	<i>Adiantum capillus-veneris</i>				1							LC	Med
	<i>Minuartia valentina</i>					r	r					Vig	Ibero-levantina
	<i>Melampyrum pratense</i>					r						C	Eur
	<i>Luzula forsteri</i>					r						C	Subc
	<i>Asphodelus cerasiferus</i>									r		C	Plur
	<i>Allium moschatum</i>									r		C	Plur
	<i>Erigeron karvinskianus</i>										r	C	Neotr
MUSGOS, LÍQUENES, HONGOS, HOJARASCA Y SUELO DESNUDO	Musgos en troncos y ramas	r	1	r	1	r	r			r	r		
	Musgos en rocas y suelos	2	2	1	3	2	r	r	1	1	2		
	Líquenes en troncos y ramas	3	2	3	2	3	3	2	2	2	2		
	Líquenes en suelos y rocas	2	3	2	3	2	1	1	1	1	r		
	Hongos	1	1	r	r	r			r	r	r		
	Hojarasca	3	4	3	2	3	4	4	4	4	3		
	Suelo desnudo	2	2	1	2	1	1	1	2	2	r		

Coberturas: r= menos del 1 %; 1= entre el 1 % y el 10 %; 2= entre el 10 % y el 25 %; 3= entre el 25 % y el 50 %; 4= entre el 50 % y el 75 % y 5= entre el 75 % y el 100 %. E= estatus: VU=Vulnerable; LC=Preocupación menor; Vig=Vigilada, Int=Introducida y C=Común o no amenazada. FC=Filiación Corológica: Med=Mediterráneo; Med-occ=Mediterráneo occidental; Med-mer= Mediterráneo meridional; Med-sep=Mediterráneo septentrional; Med-Atl=transición mediterráneo-atlántico; Eur= Eurosiberiano-euroasiático; Irano-Tur=Irano-Turaniano; Neotr=Neotropical; Subc=Subcosmopolita; Plur=Plurirregional; Holártica y Asia.

Elaboración propia

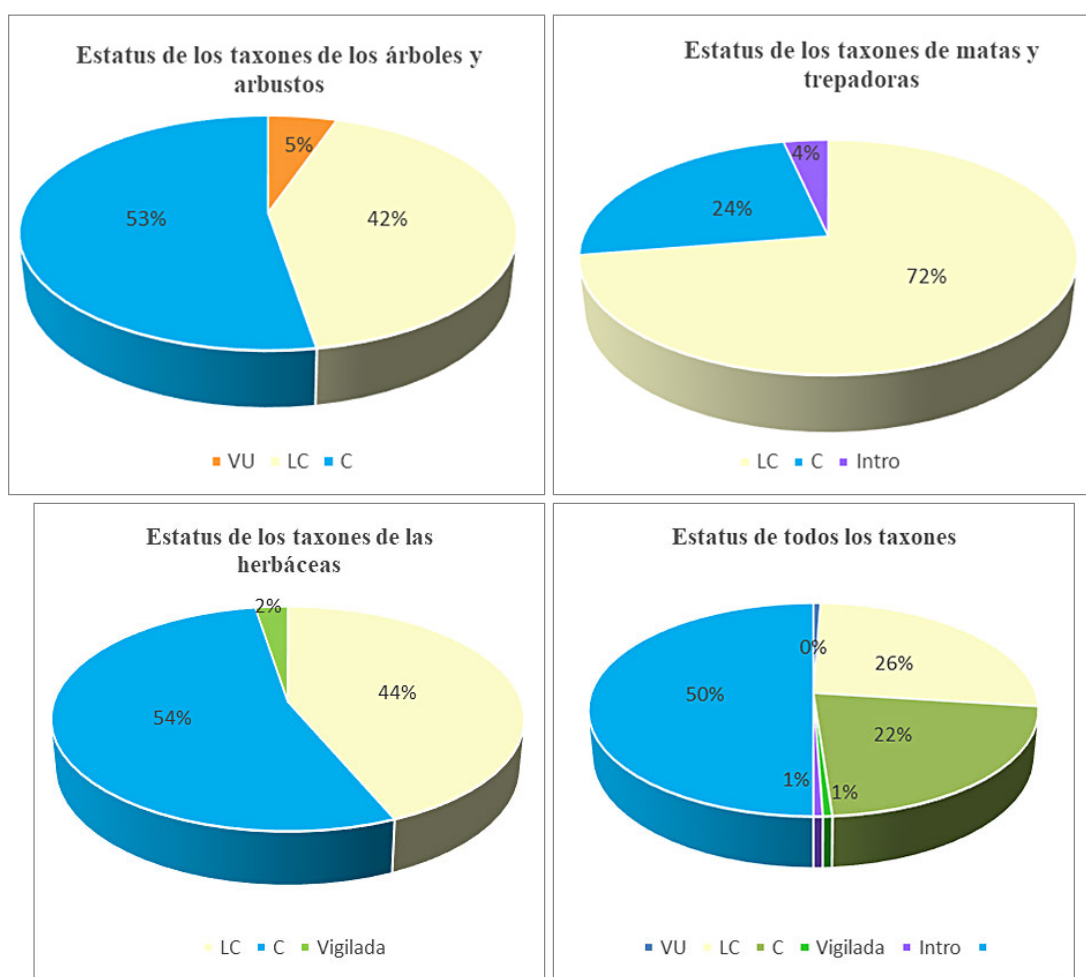
3.1. Análisis del estatus de amenaza de los taxones de la Sierra de Espadán

En las parcelas analizadas e inventariadas se obtiene un listado de especies que cuentan con un grado de protección dependiendo de su estatus. Dichos grados de protección han sido obtenidos a partir del Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazada (Generalitat Valenciana, 2022). El análisis se realiza, tal y como se comentó en la metodología, teniendo en cuenta el grado de amenaza de cada taxón (Generalitat Valenciana, 2022). Aquellas más amenazadas obtendrán un nivel más alto que aquellas que vayan siendo más comunes. En la Figura 6 se puede observar el estatus de cada taxón por grupos fisionómicos.

En general dominan aquellos taxones que cuentan con un estatus de conservación no comprometido y pueden calificarse como comunes. Si atendemos a los árboles y arbustos, se observa claramente que el 53 % de los taxones son comunes frente al 42 % que cuentan con una preocupación menor, es decir, un grado de amenaza bastante bajo, mientras que un taxón (5 %) entraría en la categoría de vulnerables. Se trata de *Juniperus oxycedrus* que se configura como la especie más amenazada de las parcelas e inventarios realizados.

Por lo que respecta a las matas y trepadoras, éstas, sin embargo, cuentan con un 72 % de los taxones con una preocupación menor y un grado de amenaza bajo, mientras que el 24 % es común y no se encuentra amenazado. Por último, 1 sólo taxón (4 %) aparece como introducido, se trata de *Trachycarpus fortunei*, palmera muy utilizada en jardinería y asilvestrada de forma conspicua en la zona, aunque sólo apareció en un inventario y con una baja cobertura.

Figura 6. Estatus de amenaza de los taxones por grupos fisionómicos y en general



Elaboración propia

En lo referente a las herbáceas, el grupo más numeroso, el 54 % de las especies serían comunes, el 44 % contaría con una preocupación menor a la hora de su pervivencia y conservación mientras que el 4 % (una sola especie) se encontraría bajo vigilancia dado que su estatus no está claro o necesita un mayor seguimiento. Se trata de *Minuartia valentina*, recogida en el anexo III de las especies vigiladas dentro del Catálogo Valenciano de especies de Flora Amenazada (Generalitat Valenciana, 2022).

Por último, teniendo en cuenta todos los taxones, el 53 % contaría con una preocupación menor, seguido del 44 % de plantas comunes o no amenazadas y con un 1 % tres grupos o estatus: vulnerable, introducida y vigilada, ya citadas anteriormente.

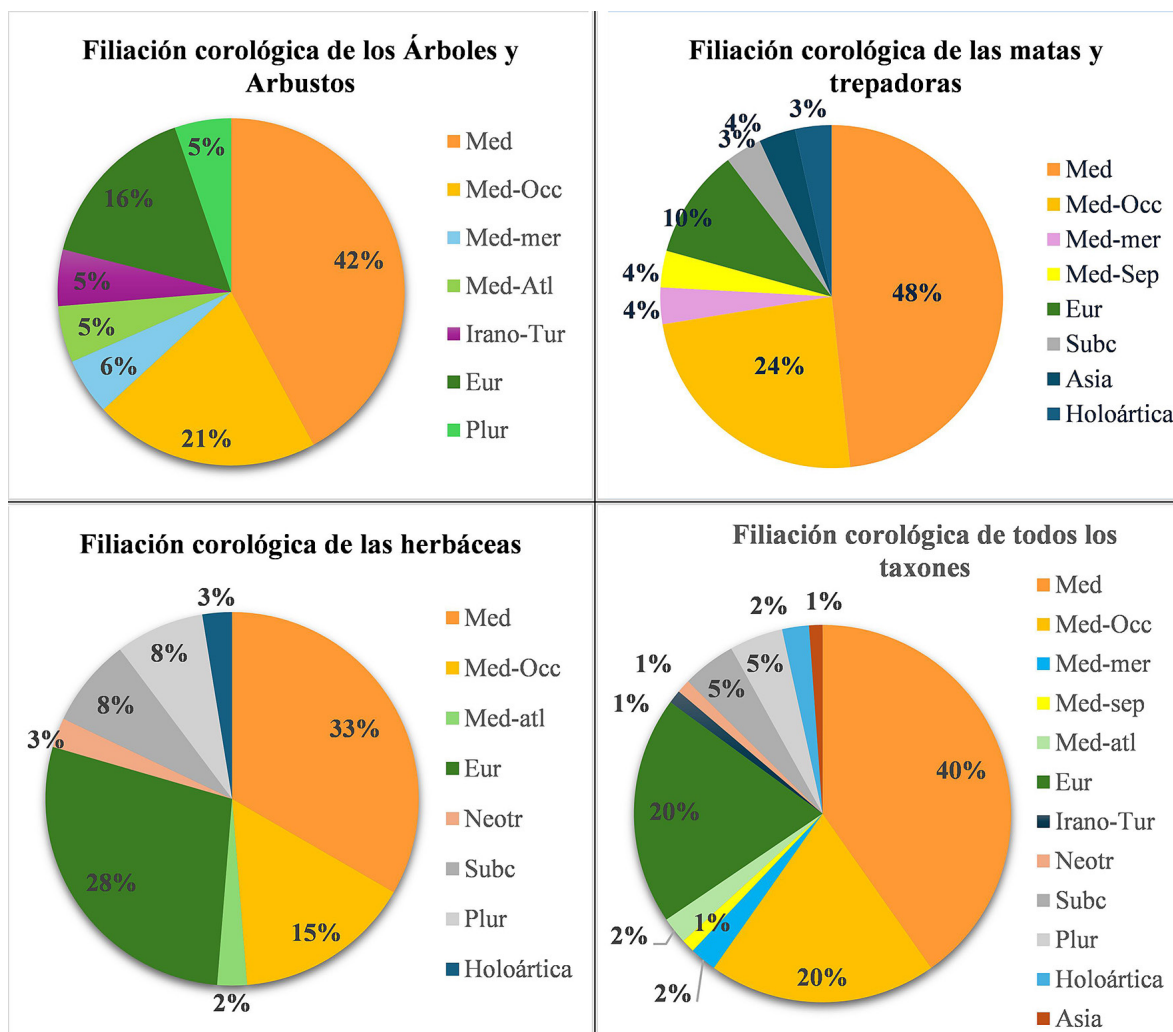
3.2. Análisis de la filiación corológica de los taxones de la Sierra de Espadán

De la misma manera que el anterior análisis, se procede en este momento a examinar las filiaciones corológicas de los taxones presentes en las distintas parcelas e inventarios, a partir de la consulta taxón a taxón de su distribución (Castroviejo, 1986-2012). En la Figura 7 se recogen las filiaciones corológicas por grupos fisionómicos y en general.

Tal y como se observa, la filiación más recurrida es la mediterránea. No obstante, hay que reseñar que se ha optado por desagrupar, dentro del mediterráneo, diferentes filiaciones: occidental (donde también se introducen las filiaciones iberolevantineas y las propias de la Sierra de Espadán, es decir, los endemismos), meridional y septentrional. La hipótesis de partida hace que, a priori, se opta por pensar en un numeroso grupo de taxones agrupados en torno a las filiaciones mediterráneas, pero también las pluriregionales e incluso subcosmopolitas, al tratarse de especies antropófilas o nitrófilas (*Olea europaea* var. *sylvestris*; *Luzula forsteri*, *Aphodelus cerasiferus*, *Allium moschatum*) en cualquier caso, muy condicionadas e incluso favorecidas por el ser humano.

En lo que a árboles y arbustos respecta, la jerarquía es clara, la mayor parte de los taxones muestran una filiación mediterránea (*sensu stricto*) con un 42 %, seguida, con cierta lógica, por la mediterránea occidental con un 21 %, y ya a mayor distancia por la eurosiberiana con un 16 %.

Figura 7. Filiación corológica de los taxones por grupos fisionómicos y en general



Elaboración propia

Con filiaciones muy puntuales, y todas ellas con un 5 %, se encontrarán aquellas del ámbito mediterráneo (meridional), de transición entre el mediterráneo y lo atlántico e incluso Irano-Turaniana, al igual que la plurirregional, también con un solo taxón. Sumando todas las filiaciones mediterráneas el porcentaje ascendería al 69 %, pero no hay que desdeñar el 16 % de filiaciones eurosiberianas puesto que a estas latitudes relativamente meridionales dentro de la Península ibérica se podría pensar que la influencia eurosiberiana sería más pequeña en beneficio de otras más cercanas como la Irano-Turaniana o incluso saharianas. Qué duda cabe que el carácter serrano del territorio y su orientación frente a los flujos más húmedos provoca que determinados taxones de características eurosiberianas encuentren aquí un cierto acomodo.

En cuanto a las matas y trepadoras, una vez más será la filiación mediterránea la más abundante con un 48 %, seguida de la mediterránea occidental con un 24 %, y sendos 4 % para la mediterránea septentrional y meridional (ambas con un solo taxón). En este caso, agrupando todas estas filiaciones de carácter mediterráneo se obtiene un porcentaje bastante alto (80 %), más de las tres cuartas partes de taxones pertenecientes a este grupo fisionómico. Ya, a mucha distancia, se dispondría: la filiación eurosiberiana (10 %), la subcosmopolita, la asiática y la holoártica, todas ellas con un 4 %.

En lo referente a las herbáceas, éstas muestran filiaciones más variadas. En primer lugar, se situaría la mediterránea con un 33 %, seguida por la mediterránea occidental con un 15 %, sin embargo, en segunda posición se situarían aquellas filiaciones eurosiberianas y euroasiáticas (en este caso con un solo taxón). En

cualquier caso, suponen el 28 %. Con filiaciones más modestas se situarían: la subcosmopolita y plurirregional con sendos 8 %, seguidas por la mediterráneo-atlántica, la neotropical y la holártica con sendos 3 %.

En síntesis, tomando la filiación de todos los taxones, se obtienen los siguientes resultados: el 40 % se correspondería con filiaciones mediterráneas, seguidas de aquellas mediterráneas occidentales (20 %). En tercer lugar y, hasta cierto punto de manera sorpresiva, se dispondrían las eurosiberianas con otro 20 %, seguidas ya con porcentajes más modestos por las subcosmopolitas y plurirregionales (5 %), las mediterráneo meridionales y las de transición mediterráneo-atlánticas y las holárticas, estas tres últimas con sendos 2 %. Por último, solo con un 1 %: las mediterráneo septentrionales, las irano-turanianas, las neotropicales y las asiáticas.

4. Discusión

Tal y como se recogía en el capítulo de introducción, epígrafe 1.2 el alcornocal del Parque natural homónimo situado en Cádiz muestra una mayor diversidad específica puesto que cuenta con más de 25 taxones de árboles y arbustos y 32 matas y trepadoras. Sin embargo, en el grupo de herbáceas la nómina es más reducida puesto que se llegaron a contabilizar hasta 32 taxones (Pérez et al., 1999). Es posible que el alcornocal de Espadán muestre un carácter más abierto definido por la continua y sostenida gestión de explotación del corcho, lo que hace que cuente, en general, con una densidad de pies arbóreos baja (La Roca & Hurtado, 2011), mientras que en el caso del Parque Natural de Los Alcornocales, su carácter protegido (desde 1989) haya hecho que la densidad de pies arbóreos, amén de un listado mayor, junto a una cobertura superior de otros estratos intermedios, haya dado lugar a un menor número de herbáceas.

En este sentido, el alcornocal de Espadán se parecería más, en cuanto a número de especies, fundamentalmente herbáceas y estructura, con los alcornocales luso-extremadurenses que muestran una gestión no dedicada a la conservación, sino a la obtención de corcho, pero también de pastos para el ganado (Montero y Cañellas, 2003).

En cuanto a las especies, el de Espadán muestra ciertas diferencias con los anteriormente citados en referencia a la escasez de otras quercíneas como *Quercus broteroi* *Q. pyrenaica* o *Q. x marianica*, aunque sí aparecen, tanto en los gaditanos como en los malacitanos, una cierta cobertura de *Q. coccifera*. En el caso de Espadán la cobertura de esta última es muy escasa, al igual que la registrada con respecto a *Q. rotundifolia*. Sin embargo, en los luso-extremeños la coscoja es también prácticamente inexistente mientras que la encina lo hace con mayor profusión que en Espadán. Se vuelve a señalar la gestión de selección eliminando la posible competencia con respecto al alcornocal.

Los alcornocales extremeños también cuentan con cierta cobertura de especies que en Espadán o no aparecen o se encuentran reducidos a la máxima expresión, caso de *Arbutus unedo*, *Acer monspessulanum*, *Paeonia broteroi*, *Scilla monophylla* y *Sanguisorba agrimonioides* entre otras (Díaz-Fernández et al., 2004). No obstante, hay una especie con amplias coberturas tanto en estos como en el resto de los alcornocales mediterráneos, se trata de *Asplenium onopteris*, de hecho, es una de las plantas que le otorga el nombre a la asociación.

Sin embargo, existen otras especies que muestran coberturas y presencias destacables, es el caso de *Erica lusitanica*, *Phyllirea angustifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Cistus albidus*, *Ulex parviflorus*, *Cytisus spinosus*, *Hedera hélix*, *Brachypodium retusum*, *Carex halleriana*, *Biscutella calduchi* o *Galium martitimum* entre otros. En este sentido, coinciden con otros estudios realizados en este mismo alcornocal (La Roca & Hurtado Soler, 2011; La Roca et al., 2016).

También hay evidentes parecidos con otras manchas relativamente cercanas, como la del alcornocal de Pinet, en Valencia, con cortejos de vegetación muy semejantes a los descritos en el presente trabajo y que se caracterizan por la abundancia relativa de *Pinus pinaster* que, no obstante, es una especie escasa o ausente del resto de alcornocales peninsulares (Lucio et al., 2005; 2009).

Se podría decir que, efectivamente, tal y como describen Díaz et al. (2009), estos alcornocales iberolevantineos tienen mucho más que ver con los catalanes que con el resto. De hecho, los cortejos de vegetación son muy similares y ello puede ser debido, entre otros factores, amén del bioclimático, a la forma de gestión. En ambos casos han sido empresas catalanas, muchas veces las mismas, las que se han ocupado de la gestión de estos alcornocales para la producción de corcho de gran calidad destinados al embotellamiento de cavas y vinos de crianza (Vilar et al., 1992).

Hay grandes diferencias entre parcelas, fundamentalmente debido a lo más o menos abierto del dosel arbóreo, caracterizado casi en exclusiva por el alcornoque. Las parcelas con menor densidad de pies y más adherasadas contarán con un mayor número y cobertura de taxones arborescentes, arbustivos y herbáceos, por el contrario, aquellas más cerradas a la altura de las copas de los árboles, debido a la falta de luz, mostrarán una menor diversidad tanto en taxones de los estratos medio y bajo, como en sus coberturas. En cualquier caso y comparando con el resto de las formaciones a escala global (Lozano-Valencia et al., 2022) el estrato arbóreo tiende a contar, al igual que el herbáceo, con unos valores medios de diversidad bajos, mientras que el subarbóreo y arbustivo los muestran altos. Ello es debido, por una parte, al carácter adherasado de la formación, con una densidad de pies arbóreos no excesivamente alta, de manera que prosperan aquellos taxones arborescentes y arbustivos. En segundo lugar, los estratos intermedios y las herbáceas muestran cierta pobreza o registros relativamente bajos al tener competencia con los arbustos y matas que, al no ser explotados por la ganadería, la cabaña silvestre de ungulados sola no es capaz de aclararlos. También muy relacionado con la gestión del bosque, hay que reseñar que existe un cierto condominio de dos especies: *Quercus suber* y *Quercus rotundifolia*, sin embargo, esta última aparece con coberturas reducidas y portes muy bajos. En este caso, y en conversación con los dueños de la explotación corchera, se atestigua una labor sostenida en el tiempo de favorecimiento del primero y control de la segunda. Los pies de la encina se eliminan o mantienen bajos sistemáticamente para que no ejerza una competencia con el alcornoque.

También hay que reseñar la existencia de 2 endemismos ibero-levantinos: *Helianthemum origanifolium* subsp. *molle*, *Guillonea scabra*; y otros 2 ibéricos: *Silene mellifera*, *Viola willkommii*, así como 2 de la propia Sierra de Espadán: *Centaurea paui* y *Minuartia valentina* (Banco de Datos de Biodiversidad de la Generalitat Valenciana [BDBC], 2024). Estos registros son relativamente elevados comparados con bosques de otros sectores de la península ibérica y otorgan un valor añadido a este paisaje forestal de claro carácter cultural.

4.1. Entorno al estatus de los taxones del alcornocal de la Sierra de Espadán

Hay que tener en cuenta que el grado de amenaza de los taxones inventariados y registrados es bajo, en general, a excepción de un solo taxón dentro de la categoría de vulnerable. Esto podría relacionarse con el alto nivel de intervención por parte del ser humano al favorecer el uso silvícola con explotación del corcho. Se imponen aquellos taxones relativamente antropófilos y nitrófilos (*Olea europaea* var. *sylvestris*; *Luzula forsteri*, *Aphodelus cerasiferus*, *Allium moschatum*), muy acostumbrados a un manejo alto y sostenido en el tiempo, de hecho, no se puede considerar a ninguno de los inventarios o parcelas trabajadas como climácicas puesto que, en todo caso suponen un segundo escalafón dentro de la sucesión biológica al poderse denominar bosques paraclimácicos por la mencionada intervención humana. No obstante, uno de los aspectos a reseñar es que no existen demasiados taxones introducidos y menos aún con carácter xenófito o invasor, salvo la citada palmera.

4.2. Entorno a la filiación corológica de los taxones del alcornocal de la Sierra de Espadán

Queda constatado efectivamente que se cumple una de las premisas de partida y es que aquellas filiaciones mediterráneas, *sensu lato*, dominan ampliamente (63 %), sin embargo, resulta significativo el porcentaje de filiaciones eurosiberianas, que alcanzan un 20 %. La segunda hipótesis, no obstante, no se cumple puesto que el número de taxones subcosmopolitas o plurirregionales no es excesivamente alto (10 % en total) según lo esperable a través de un sistema de gestión con un claro control antrópico, beneficiando una labor extractiva relativamente sostenible como es la explotación del corcho, incluso eliminando o reduciendo al máximo otras especies que pudieran entrar en competencia con el alcornoque.

5. Conclusiones

La Sierra de Espadán, presenta unos paisajes forestales culturales, intervenidos y explotados económicamente por el ser humano desde antaño, con seguridad en el último siglo y medio, de cara a la extracción de corcho. No obstante, esta explotación puede ser considerada como sostenible puesto que mantiene una gran extensión de bosque mediterráneo con valores naturales y culturales de relevancia, lo que le ha hecho acreedor de una figura de protección como es la de parque natural. Como dato interesante habría que reseñar que existen 2 endemismos ibero-levantinos, otros 2 ibéricos y 2 propios de la Sierra de Espadán.

No existe, en ningún caso, ninguna parcela estudiada que pueda considerarse como vegetación potencial, seguramente caracterizada por encinares y madroñales. En su defecto y fruto de esa gran intervención y manejo, hoy en día existen extensos alcornocales.

Dentro de las 10 parcelas en las que se inventarió toda la vegetación existente, así como sus coberturas, se han registrado 19 especies diferentes dentro del grupo de árboles y arbustos, en el de matas y trepadoras 29 y entre las herbáceas 39, en total 87 taxones. Son registros medios comparados con las más de 200 formaciones caracterizadas y analizadas a escala global, sobre todo en lo que respecta a los grupos fisionómicos de los árboles y arbustos y las herbáceas. Por su parte, las matas y trepadoras muestran buenos registros, fruto seguramente del carácter adehesado del paisaje forestal y el manejo antrópico.

Dominan aquellos taxones claramente acidófilos o indiferentes al pH del sustrato. Ello es debido a la roca dominante (areniscas del Buntsandstein) y a la abundancia de suelos dístricos, fundamentalmente leptosoles y cambisoles.

El presente estudio ha caracterizado y valorado las dos variables referenciadas en el título, aunque existen estudios previos de esta y otras manchas, es difícil encontrar trabajos que caractericen sistemáticamente el cortejo de flora vascular de los alcornocales ibéricos. Esta aportación ahonda precisamente en este aspecto y podrá tener más relevancia a medida que vayan viendo la luz otros estudios similares en realización. Pero si son escasos o no suficientes los trabajos de caracterización, menos lo son aquellos que se dedican a valorar las dos variables apuntadas. En este sentido, a través del análisis de la distribución corológica de los taxones vasculares componentes de las diferentes poblaciones ibéricas de los alcornocales se podrán realizar clasificaciones ulteriores dependiendo precisamente de esta variable.

En cuanto al estatus de conservación de los taxones integrantes de esta mancha, dicha información puede ser valiosa para que el gestor del territorio cuente con herramientas más concretas a la hora de abordar la conservación, ordenación y gestión sostenible del patrimonio natural.

En cuanto a las adscripciones corológicas, el 40 % se correspondería con filiaciones mediterráneas, seguidas de aquellas mediterráneas occidentales (20 %), en tercer lugar, las eurosiberianas-euroasiáticas, con otro 20 %, seguidas ya con porcentajes más modestos por las subcosmopolitas y plurirregionales (con sendos 5 %). Con un 2% se situarían tres filiaciones: mediterránea meridional, holártica y transición mediterráneo-atlántica. El resto de las filiaciones: mediterráneo septentrional, irano-turaniana, neotropical y asiática, cuentan con un peso del 1 %.

En este caso también existen ciertas diferencias entre grupos fisionómicos si bien siempre se imponen las filiaciones mediterráneas *sensu stricto* y *lato*. Las diferencias aparecen al tener en cuenta cual es la segunda filiación más cuantiosa. Mientras en los árboles y arbustos y las matas y trepadoras es la mediterránea occidental, para las hierbas es la eurosiberiana-euroasiática, sacándole 13 puntos porcentuales a la mediterránea occidental. Sin embargo, si se toman en cuenta todos los taxones, ambas filiaciones se igualan con un 20 %. Por su parte, las de amplios rangos territoriales (subcosmopolitas y plurirregionales) muestran valores relativamente reducidos (5 % y 4 % respectivamente para los árboles y arbustos y las matas y trepadoras) y relativamente elevados en las herbáceas (16 %). Sin embargo, en relación con todos los taxones los porcentajes son relativamente bajos puesto que aglutinarían hasta un 10 %.

Se cumple, así pues, una de las dos premisas o hipótesis de partida. Por los condicionantes bioclimáticos, el primer grupo de filiaciones queda representado por las mediterráneas, pero, con un porcentaje relativamente elevado de las eurosiberianas-euroasiáticas, seguramente por el carácter serrano del territorio y por su especial orientación de cara a los vientos húmedos procedentes del mediterráneo occidental (Levante) pero también, en menor medida, a los flujos del noroeste. A mayor distancia se disponen las de amplios rangos territoriales (subcosmopolitas o plurirregionales) de manera que no se cumple la segunda hipótesis: dado que la amplia influencia y transformación humana del territorio y el paisaje no ha dado lugar a grandes porcentajes de estas filiaciones ubiqüistas o de grandes rangos territoriales.

En lo que respecta al estatus de los taxones que aparecen, hay que reseñar que el 53 % se encontraría dentro del grupo de preocupación menor, el 44 % es común y no mostraría gran necesidad de protección, un 1 % sería vulnerable (*Juniperus oxycedrus*), un 1 % vigilada (*Minuartia valentina*) y otro 1 % respondería al taxón introducido (*Trachycarpus fortunei*). En general se puede hablar de un cortejo relativamente ubiqüista donde dominan los taxones relativamente nitrófilos y antropófilos (*Olea europaea* var. *sylvestris*; *Luzula forsteri*, *Aphodelus cerasiferus*, *Allium moschatum*) favorecidos por las labores de explotación del alcornocal.

Existen ciertas diferencias entre los tres grupos fisionómicos y el conjunto de los taxones, de manera que, en los árboles y arbustos, al igual que en las herbáceas, dominan las especies comunes frente al resto (53 % y 54 % respectivamente), mientras que en las herbáceas y el conjunto de los taxones lo hacen aquellas correspondientes al grupo de preocupación menor (72 % y 53 % respectivamente).

Contribución de autoría

- **Conceptualización:** la idea y diseño del estudio pertenece a ambos autores al 50%.
- **Curación de datos:** ambos autores han contribuido a partes iguales en la organización, gestión y mantenimiento de datos.
- **Análisis formal:** la aplicación de técnicas estadísticas o matemáticas ha corrido a cargo de Pedro José Lozano Valencia.
- **Adquisición de fondos:** el estudio se ha autofinanciado por los autores.
- **Investigación:** la recopilación de datos en trabajo de campo y gabinete se realizó por ambos autores al 50%.
- **Metodología:** desarrollo y diseño de los métodos utilizados se realizó por ambos autores de forma equitativa.
- **Administración del proyecto:** supervisión y coordinación del estudio la realizó Pedro José Lozano Valencia.
- **Recursos:** suministro de materiales, herramientas o datos lo realizaron ambos autores.
- **Supervisión:** dirección y liderazgo en el estudio corrió a cargo de M^a Cristina Díaz Sanz.
- **Validación:** en la verificación de la reproducibilidad de los resultados ambos autores han contribuido.
- **Visualización:** en la creación de gráficos y/o figuras ha participado ambos autores.
- **Redacción:** la redacción inicial del manuscrito se realizó por ambos autores así como la revisión crítica y los ajustes del texto.

Referencias

- Banco de Datos de Biodiversidad de la Generalitat Valenciana (BDBCv) (2024). Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Infraestructuras y Territorio. Generalitat Valenciana. <https://bdb.gva.es/es> y <https://doi.org/10.15468/b4yqdy>
- Braga, N., Rodríguez, F., & Oliveira, B. (2014). Castanea sativa by-products: A review on added value and sustainable application. *Natural Product Research*, 29(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/molecules29163951>
- Carrascosa, M., & Felipe, A. V. (2012). *Ecosaberes de las poblaciones del Parque Natural de la Serra d'Espadà* [Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València]. RiuNet Repositorio Institucional UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/17818>
- Castroviejo, S. (Coord. gen.). (1986-2012). *Flora ibérica*, 1-8, 10-15, 17-18, 21. Real Jardín Botánico, CSIC. <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/9895-flora-iberica?offset=1>
- Costa, M. (1986). La vegetación del País Valenciano. *Serie Cultura Universitaria Popular*, 5. Universitat de València.
- Costa, M. (1987). El País Valenciano. In M. Peinado Lorca, & S. Rivas-Martínez (Eds.), *La vegetación de España*. Colección Aula Abierta, 3, (pp. 281-308). Universidad de Alcalá de Henares.
- Costa, M. (1999). *La vegetación y el paisaje en las tierras valencianas*. Editorial Rueda.
- Costa, M., Aguilera, A., Soriano, P., Güemes, J., Mulet, L., Riera, J., & Fabregat, C. (2005). *Vegetación y flora de la Serra d'Espadà*. Fundación Bancaja. <https://www.editorialrueda.es/bibliografia/LA-VEGETACION-Y-EL-PAISAJE-EN-LAS-TIERRAS-VALENCIANAS-p572823962>
- De Jaime, F. C. (2009). *Las masas del chopo cabecero del Valle de Pancrudo: Un recurso estratégico tradicional para el desarrollo de un territorio de montaña* [Final Degree Project, Universidad de Zaragoza].
- Díaz, M., Pulido, F. J., & Pausas, J. D. (2009). 9330 Alcornocales de Quercus suber. In VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España* (pp. 1-58). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. <https://www.uv.es/jgpauas/papers/Diaz-2009-habitats.pdf>
- Díaz-Fernández, P. M., Climent, J., & Gil, L. (2004). Biennial acorn maturation and its relationship with flowering phenology in Iberian populations of *Quercus suber*. *Trees*, 18(6), 615-621. <https://doi.org/10.1007/s00468-004-0325-z>
- Fernández-Cancio, A., Sánchez-Salguero, R., Gil, P.M., Manrique Menéndez, E., Fernández Fernández, R., & Navarro-Cerrillo, R.M. (2012). Efectos del cambio climático sobre la distribución de los alcornocales españoles. Una aproximación fitoclimática para la futura gestión. *Ecosistemas*, 21(3), 50-62. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2012.21-3.07>
- Generalitat Valenciana (2022). *Orden 2/2022, de 16 de febrero, de la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica*, por la que se actualizan los listados valencianos de especies protegidas de flora y fauna. Generalitat Valenciana. https://dogv.gva.es/datos/2022/02/24/pdf/2022_1325.pdf
- Gimeno, C., Puche, F., Segarra, J.G., & Laguna, E. (2001). Modelo de conservación de la flora briológica de la Comunidad Valenciana: microrreservas de flora criptogámica. *Botanica Complutensis*, 25, 221-231. <https://revistas.ucm.es/index.php/BOCM/article/view/BOCM0101110221A>
- Gonzalvo, S., & Pérez, G. (2022). El Centro de Desarrollo Rural Palancia Mijares: una ONG con el objetivo de dinamizar el medio rural y contribuir a su desarrollo sostenible. *TERRA: Revista De Desarrollo Local*, (11), 225–236. <https://doi.org/10.7203/terra.11.25686>
- Grau, E. (2012). Alcornocales de la Serra d'Espadà. Paisajes de corcho, suelos de rodano y pueblos con encanto. In J. Hermsilla & ESTEPA (Estudis del Territori i del Patrimoni) (Coords.), *Los paisajes valencianos: paisajes valiosos, paisajes valorados* (pp. 58-63). Universitat de València. <https://producciocientifica.uv.es/documentos/5eb09db2299952764112fe2e?lang=gl>
- Guzmán, G. I., González De Molina, M., & Sevilla, E. (2000). *Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible*. Ediciones Mundi-Prensa. <https://investiga.upo.es/documentos/5eb288aa29995203e240ab72>
- La Roca, N., & Hurtado Soler, A. (2011). Estructura del alcornocal de Mosquera tras un aprovechamiento secular (Serra d'Espadà, Castellón, España). *Cuadernos de Geografía*, 90, 169-186. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4220489>

- La Roca, N., Villaova Maño, I., & Mateu Bellés, J.F. (2016). El alcornocal antropizado de la Serra d'Espadà. In M. Bellés (Coord.), *El territorio valenciano: transformaciones ambientales y antrópicas* (pp. 47-50).
- La Roca, N., Varela-Ona, R., Lozano-Valencia, P.J., & Longares-Aladrén, L.A. (2018). *Dinámicas ambientales y paisajísticas ligadas al abandono rural del Supramediterráneo de Gudar-Maestrazgo (Sistema Ibérico)*. Leioa, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.
- LIFE CO2RK. (2023). *Silvicultura del carbono y restauración de alcornocales en España*. Conciencia Eco. <https://www.concienciaeco.com/2024/10/23/proyecto-life-co2rk-desarrolla-una-silvicultura-de-crecimiento-lento-recuperando-alcornocales>
- Lozano-Valencia, P. J., Varela, R., Latasa, I., Lozano, A., & Meaza, G. (2020). Biogeographical valuation of global plant landscapes using the “LANBIOEVA” (landscape biogeographical evaluation) methodology. *34th International Geographical Congress. Istanbul 2020*, 174-188.
- Lozano-Valencia, P.J., Díaz-Sanz, M.C., Varela-Ona, R., & Meaza, G. (2022). *Metodología LANBIOEVA para el inventariado y la valoración biogeográfica*. Cuadernos de técnicas y métodos en Geografía Física. Biogeografía. Asociación de la Geografía Española. <https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2022/02/METODOLOGIA-LANBIOEVA-02-02-2022-para-web.pdf>
- Lucio, P., del Campo García, A., Torres, M. P. D., & Prada, M. A. (2005). Caracterización ecológica de un enclave singular: el alcornocal de Pinet (Valencia). *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (20), 159-165. https://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernos_secf/article/view/9532
- Lucio, P., Donat, M. P., Prada, M. A., Valenciana, G., de Poblet, Q., & de Semillas Forestales, V. B. (2009). Inventario forestal del alcornocal de Pinet (Valencia). *Montes (España)*, (99).
- Martínez, V., & Carbó, E. (2019). Capacidad de uso del suelo y usos recomendados en la Serra d'Espadà (Castelló). *Cuadernos de Geografía de la Universitat de València*. <https://doi.org/10.7203/CGUV.14888>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2025). Atlas didáctico. Mapa de distribución de formaciones vegetales. *Quercus suber*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://storymaps.arcgis.com/stories/cae2f7dc763643ea86573edb6a9268be#ref-n-CbIQTi>
- Montero, G., & Cañellas, I. (2003). *El alcornoque. Manual de reforestación y cultivo [Cork oak forests. Reforestation and growing manual]* (2nd ed.). INIA, Ediciones Mundi Prensa, 103. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3109943>
- Montero, G., & López, E. (2008). *Silvicultura de Quercus suber L.* Instituto Nacional de Investigaciones y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal* (Vol. 87). Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Pérez, A. V., de Mera, A. G., Navas, P., Navas, D., Gil, Y., & Cabezudo, B. (1999). Datos sobre la flora y vegetación del Parque Natural de los Alcornocales (Cádiz-Málaga, España). *Acta Botanica Malacitana*, 24, 133-184. <https://doi.org/10.24310/abm.v24i0.8523>
- Ritsche, J., Katzensteiner, K., & Acácio, V. (2021). Tree regeneration patterns in cork oak landscapes of Southern Portugal: The importance of land cover type, stand characteristics and site conditions. *Forest Ecology and Management*, 486, 118970. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118970>
- Rivas-Martínez, S. (1987). Memoria del mapa de series de vegetación de España 1:400.000. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Rodríguez-Gutián, M. A., Amigo, J., Real, C., & Romero Franco, R. (2021). Cork oak forests in the NW Iberian Peninsula: phytosociological reassessment and new proposals. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 155(4), 944-961. <https://doi.org/10.1080/11263504.2020.1810809>
- Tarrazón, T. (2017). *Patrones de movilidad y residencia en el contexto de despoblación rural; un estudio de caso en el interior de Castellón* [Master's Thesis, Universitat de València]. RiuNet repositorio UPV. <https://hdl.handle.net/10251/90173>
- Vicente Rabanaque, T., Sierra Ferrero, S., Calero Valverde, Á., & Santamarina Campos, B. (Coords.). (2022). *Antropología pública de la conservación: Gestión y gobernanza en áreas protegidas*. Universidad de Valencia.
- Vilar, L., Domínguez, A., & Polo, L. (1992). Composición y estructura de los alcornocales de Girona. *Scientia gerundensis*, 18, 163. <https://raco.cat/index.php/Scientia/article/view/45485>

Geoturismo en Espacios Volcánicos Naturales: La Ruta de los Volcanes (La Palma, Islas Canarias, España)

Geotourism in Natural Volcanic Areas: The Route of the Volcanoes (La Palma, Canary Islands, Spain)

AUTORÍA

William Hernández 

Departamento de Geografía e Historia,
Universidad de La Laguna, España.

Javier Dóniz-Páez 

Geoturvol-Departamento de Geografía e
Historia, Universidad de La Laguna, España.
Instituto Volcanológico de Canarias, España.

Josué Pérez Pérez 

Geoturvol-Departamento de Geografía e
Historia Universidad de La Laguna, España.

Nemesio Pérez 

Instituto Volcanológico de Canarias, España.
Instituto Tecnológico de Energías Renovables,
España.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.29559>

CITACIÓN

Hernández, W., Dóniz-Páez, J., Pérez
Pérez, J., & Pérez, N. (2025). Geoturismo en
Espacios Volcánicos Naturales: La Ruta de los
Volcanes (La Palma, Islas Canarias, España).
Investigaciones Geográficas, (84), 145-167.
<https://doi.org/10.14198/INGEO.29559>

CORRESPONDENCIA

William Hernández (williamhernandezramos4@gmail.com)

HISTORIA

Recibido: 26 febrero 2025
Aceptado: 3 junio 2025
Publicado: 23 julio 2025

TÉRMINOS

© 2025 William Hernández, Javier Dóniz-Páez,
Josué Pérez Pérez, Nemesio Pérez

 Este trabajo se publica bajo una
licencia Creative Commons de Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

En este trabajo se realiza una propuesta de geoitinerario por el espacio natural de La Ruta de los Volcanes en Cumbre Vieja en la isla de La Palma. El objetivo es identificar, seleccionar, caracterizar y evaluar el patrimonio geográfico de los lugares de interés geoturístico (LIGTs) y/o paradas seleccionadas a lo largo de la ruta. La metodología utilizada para la identificación, selección y caracterización de los LIGTs incluyó cartográfica y el trabajo de campo y para la evaluación la propuesta de Reynard et al., 2007 y 2016 de valores científicos (V_C), valores adicionales (V_A) y el valor de uso y gestión (V_{UG}). Se seleccionaron 15 LIGTs y/o paradas que son representativos del patrimonio volcánico de Cumbre Vieja, de ellas, más de la mitad (53,3%) están muy bien conservadas y todas son accesibles a través de senderos o por carretera. El promedio de los V_C (0,54) y los V_A (0,54) son iguales y están dentro de la escala de valores medios, el rango numérico que se exigen para esta categoría, mientras que los V_{UG} indican que se necesitan realizar mejoras en la señalética y en la información turística que pueda estar disponible en el campo. Este trabajo aporta argumentos científicos objetivos para que desde los diferentes actores puedan actuar en la ruta atendiendo a la sostenibilidad y la diversificación de la oferta turística en La Palma a través del geoturismo.

Palabras clave: geomorfología; volcanes; patrimonio geográfico; geoturismo; geoitinerario; La Palma.

Abstract

This paper proposes a geoitinerary through the natural space of La Ruta de los Volcanes in Cumbre Vieja on the island of La Palma. The aim is to identify, select, characterise and evaluate the geographical heritage of the Sites of Geotouristic Interest (SGIs) and/or stopovers selected along the route. The methodology used for the identification, selection and characterisation of the SGIs included a cartographic review and fieldwork and the evaluation used the proposal of Reynard et al., 2007 and 2016 for Scientific Values (V_S), Additional Values (V_A) and Use and Management Values (V_{UM}). Fifteen SGIs and/or stopovers were selected that are representative of the volcanic heritage of Cumbre Vieja, of which more than half (53.3%) are very well preserved and all are accessible via trails or road. The average V_S (0.54) and V_A (0.54) are equal and

within the range of average values, the numerical range required for this category, while the V_{UM} indicate that improvements are needed in signposting and tourist information that may be available in the field. This work provides objective scientific arguments so that the different agents can act on the route with a view to ensuring the sustainability and diversification of the tourist offer in La Palma through geotourism.

Keywords: geomorphology; volcanoes; geographical heritage; geotourism; geoitinerary; La Palma.

1. Introducción

El turismo es una actividad económica con un gran impacto territorial en la medida que los recursos que la sustentan se consumen, normalmente, *in situ* y lo que conlleva desde el punto de vista de equipamientos e infraestructuras de alojamiento, transporte, de ocio, etc. Esto hace que el turismo sea una actividad eminentemente espacial, compleja, dinámica y resiliente. Todo esto se ha podido ver en el año 2020 con la pandemia de la COVID-19, en donde hubo un parón turístico mundial con una reducción de 1.000 millones menos de turistas internacionales, pérdidas de 1,3 billones de dólares y un gran aumento del desempleo ligado a este sector (entre 100 y 120 millones de empleos) (ONU Turismo, 2020). Ahora bien, tan solo en un par de años después de la crisis el turismo ha recuperado las cifras previas a la pandemia. En relación con la capacidad de reinventarse que tiene el ocio turístico, la Organización Mundial del Turismo (OMT) está continuamente planteando objetivos sostenibles e innovadores para el turismo (ONU Turismo, 2020). En este sentido, los principales problemas de los destinos maduros están relacionados con el agotamiento de los productos como consecuencia de su masificación y de los cambios en la demanda (Simancas Cruz et al., 2020). Esto ha llevado a que los actores públicos y privados con competencias en materia turística lleven varios años trabajando en conseguir que los destinos maduros se reinventen a través de diversas actuaciones. Entre éstas, la creación de nuevos productos y experiencias turísticas están siendo claves, no sólo en la consecución de los objetivos de sostenibilidad e innovación que propone la OMT, sino también en diversificar la oferta de ocio en el destino a través de otros recursos y elementos del patrimonio geográfico que tienen un valor especial por su importancia natural y cultural del destino y que puede incluir formaciones naturales, lugares históricos, aspectos intangibles y cuya manifestación visible es el paisaje (Ruiz, 2000).

Los efectos de la renovación de los destinos y de los productos turísticos se pueden apreciar a diferentes escalas espaciales. En nuestro caso, Canarias está apostando por mejorar su oferta turística tradicional de sol y playa, pero también a diversificarla con la creación de multitud de productos y experiencias asociadas con el rico y variado patrimonio natural y cultural de las islas. Entre todos estos productos, el geoturismo volcánico implantado desde hace años ha ido ganado protagonismo gracias a la geodiversidad volcánica y no volcánica de Canarias, y una muestra de ello ha sido la creación de dos geoparques en las islas de El Hierro y Lanzarote (Mateo et al., 2019) en la última década. La primera definición de geoturismo se debe a Hose (1995), quien señaló que consistía en «la provisión de instalaciones interpretativas y de servicios para que los turistas adquieran conocimiento y comprensión de la geología y la geomorfología de un sitio más allá de una mera apreciación estética» (pp. 16-17). En 2001, la *National Geographic Society* (NGS) y la *Travel Industry Association of America* (TIAA) definieron el geoturismo como «el turismo que sustenta o mejora las características geográficas del lugar visitado, incluyendo su entorno, cultura, estética, patrimonio y el bienestar de sus residentes». Estas dos acepciones del geoturismo ponen de manifiesto sus dos aproximaciones (geológica y geográfica) y que para nada son excluyentes (Dowling & Newsome, 2018). En nuestro caso, hemos optado por la segunda definición ya que el geoturismo tiene un enfoque más geográfico e integrador.

La reciente erupción del Tajogaite en 2021 en La Palma, volvió a poner de manifiesto la necesidad de seguir apostando por el geoturismo como estrategia de desarrollo territorial en relación con la elevada demanda turística que tuvo la erupción, pero también una vez que ésta finalizó (Dóniz-Páez et al., 2024).

Los estudios de geoturismo en Canarias son amplios, desde inventarios de geomorfositos, geositos o lugares de interés geoturístico (Dóniz-Páez et al., 2019, 2020; Mateo et al., 2019; Hernández et al., 2024), a evaluaciones siguiendo diferentes metodologías hasta la propuesta de geoitinerarios en espacios naturales y urbanos (Hernández et al., 2022). Por tanto, el objetivo de este trabajo es identificar, inventariar, seleccionar y evaluar lugares de interés geoturístico (LIGTs) y/o paradas a lo largo de la Ruta de Los Volcanes en La Palma y que los diferentes actores en el turismo cuenten con un documento científico y objetivo para mejorar la gestión turística sostenible de este espacio con elevados valores patrimoniales; pero también dotar de contenido a cada uno de los LIGTs y/o paradas y que los visitantes dispongan de información para una de la rutas más visitadas de la isla de La Palma. Habitualmente se habla de geositos y geomorfositos *sensu stricto* para implementar estrategias geoturísticas, pero también se pueden incorporar otro tipo de sitios (Kubalíková et

al., 2021, 2022) que incorporen esa visión más geográfica del geoturismo como son los LIGTs (Dóniz-Páez et al., 2019; Hernández et al., 2024).

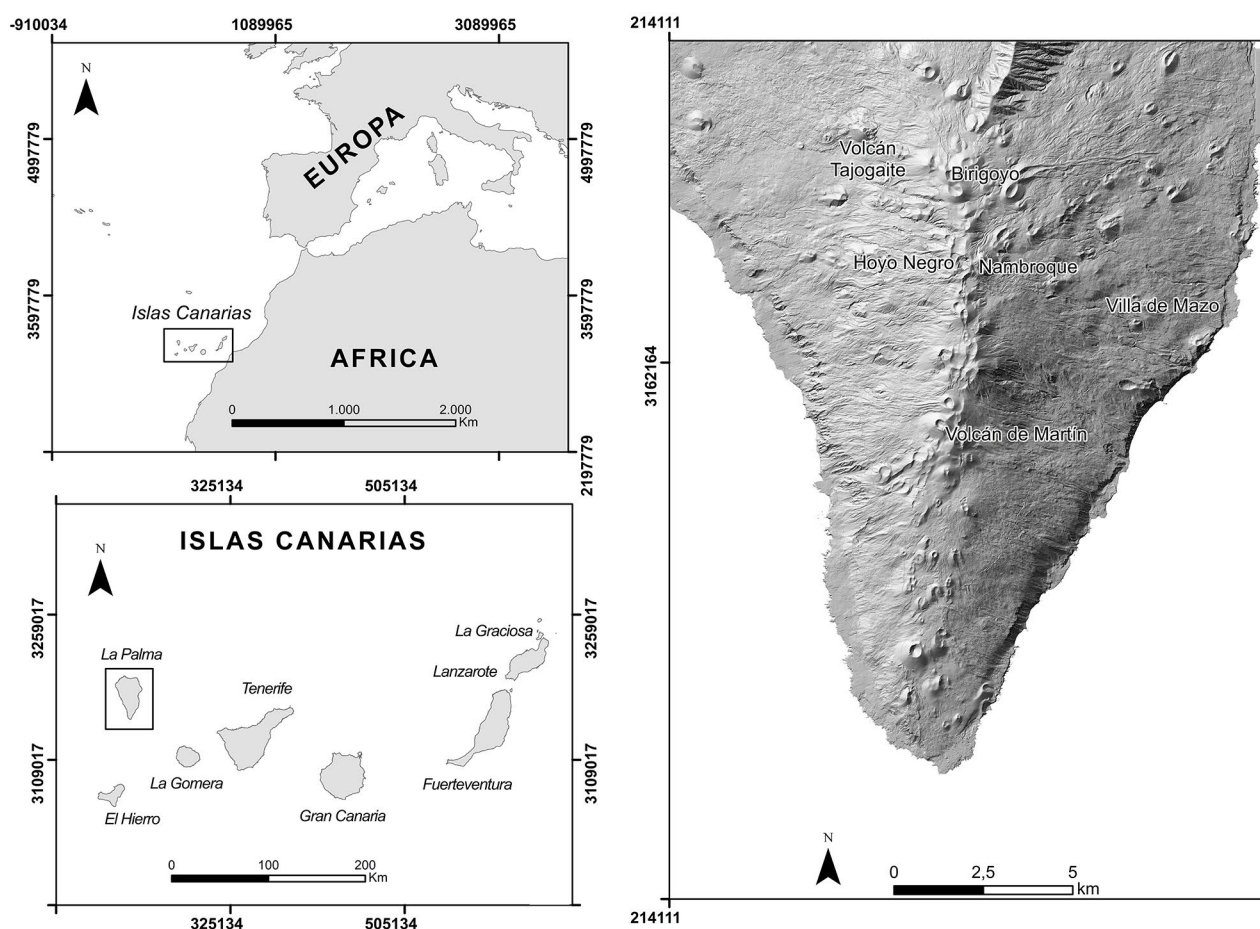
2. Metodología

La metodología utilizada es similar a la empleada en otras investigaciones (Dóniz-Páez et al., 2024; Hernández et al., 2024) y se desarrolló en tres fases: 1- identificación, inventario inicial y posterior selección final de los LIGTs y/o paradas que conformarán el itinerario; 2- caracterización de los mismos en una ficha; y 3- evaluación cuantitativa de sus valores intrínsecos (científicos y adicionales o añadidos) y cualitativa de los de uso y gestión.

2.1. Área de estudio

Cumbre Vieja (Figura 1) (en adelante CV) es el área de estudio de este trabajo. Tiene una morfología en tejado a dos aguas, ocupa un área de 220 km² con una altitud máxima de 1.947 metros, un volumen de 125 km³ (Padrón González, 2008) y pendientes que varían entre 16°-20° (Henríquez Pérez, 2018). CV pertenece al Parque Natural y su objetivo era la preservación de los recursos de naturaleza geomorfológica (Cabildo Insular de La Palma, 2011). A su vez, dentro de CV hay otros dos Espacios Naturales Protegidos (ENP): Monumento Natural Volcanes de Teneguía que engloba los volcanes de las erupciones de 1677-1978 y 1971 y Sitio de Interés Científico de las Salinas de Fuencaliente. A nivel internacional, CV está integrado en la Red Natura 2.000 (GRAFCAN, s.f.).

Figura 1. Localización del área de estudio



Fuente: CNIG y GRAFCAN. Elaboración propia

CV es un volcán poligénico resultado de la sucesión de emisiones volcánicas en los últimos 600.000 años a lo largo de un rift de dirección N-S (Henríquez Pérez, 2018). CV se formó por el apilamiento de lavas y piroclastos generados por multitud de erupciones fisurales y es posible reconocer tres áreas de concentración de conos

volcánicos basálticos monogénicos: un grupo en el extremo NO, otro al NE y el tercero en el eje. Este rift volcánico representa los últimos estadios de formación de La Palma por lo que es geológicamente el espacio más joven de la isla. La actividad volcánica migró hacia el sur hace 0,12 Ma (Carracedo et al., 2001) y en las últimas décadas CV se ha convertido en la zona volcánica más activa de Canarias con ocho erupciones en los últimos 500 años.

La Ruta de los Volcanes está inmersa dentro de un clima templado-fresco. Con temperaturas que fluctúan entre 10 °C y 16 °C. Dependiendo de la vertiente y la altitud, la precipitación media anual varía entre 300 y 1.100 Lm² y el número de meses secos al año oscila entre cinco y seis meses (Marzol Jaén, 2000; Luque-Söllheim et al., 2024).

En lo que concierne al paisaje vegetal, gran parte del espacio está dominado por el pino canario (*Pinus canariensis*) que ocupa aproximadamente el 80% de la Ruta de los Volcanes. Después cabe destacar dos grandes dominios vegetales, por una parte, grandes manchas de escobones (*Descurainia gilvae*), así como líquenes (*Stereocaulium vesuvianum*). Y, por otra parte, en el extremo NE, se halla el dominio del Fayal-Brezal (*Myrica faya-Erica arborea*) (Del Arco Aguilar, 2006).

Con respecto al patrimonio cultural en CV se puede reconocer una amplia variedad. En este sentido, se pueden identificar manifestaciones vinculadas con el patrimonio arqueológico previo a la llegada de los conquistadores; diferentes tipos de usos tradicionales (Fuente Santa, pozos para endulzar los altramuces y secarlos, porís-puertos, faros, etc.) y actuales (cultivos de viñedos y de plátanos, extracción de sal, etc.) y los usos relacionados con el ocio (senderos homologados, las áreas recreativas, los centros de interpretación y de visitantes, los miradores astronómicos, el bañismo, etc.). El patrimonio antropológico intangible también está vinculado con aspectos como las décimas a los volcanes de San Juan (Pérez Cruz, 2019) y el Teneguía (1971) (Hernández, 2014).

2.2. Identificación, inventario, selección de los LIGTs y/o paradas del geoitinerario

Para la identificación de los LIGTs se utilizó cartografía temática a diferentes escalas (geológicas, topográficas, red de ENP, etc.), obtenidas del visor de Grafcan, modelos digitales del terreno, fotografías aéreas extraídas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y, sobre todo, trabajo de campo durante los años 2020, 2022 y 2023.

2.3. Caracterización de los LIGTs y/o paradas del geoitinerario

La documentación que se aportó consistió en rellenar una ficha de campo que incluyó dos tipos de datos. Por un lado, datos numéricos generales (coordenadas, elevación, etc.) que permiten ubicar los LIGTs en un mapa de síntesis. Y por otro, información cualitativa sobre la caracterización de los mismos (geología, geomorfología, geografía, ecología, historia, usos, estética, etc.).

2.4. Evaluación de los LIGTs y/o paradas del geoitinerario

Se ha empleado la metodología de Reynard et al., 2007 y 2016, incorporando modificaciones para los espacios volcánicos en relación con la existencia de geoformas efímeras (debris flows, ripples, eolizaciones, periglacialismo, etc.), la abundancia de texturas y colores de las formas eruptivas y no volcánicas, con la escasa presencia de formas relecticas (acantilados inactivos, playas levantadas, dunas fósiles, etc.) o con el bajo interés simbólico, histórico o artístico que suele ser local o como mucho regional (Becerra-Ramírez, 2013; Pérez-Umaña et al., 2020; Zangmo-Tefogoum et al., 2020; Dóniz-Páez & Becerra-Ramírez, 2020). En este sentido, la aplicación del método a paisajes geomorfológicos diversos (graníticos, litorales, áridos, volcánicos, etc.) permite señalar que, a pesar de las especificidades de cada entorno, el método se ha mostrado como válido.

Para llevar a cabo la evaluación es necesario separar los valores en dos grupos: intrínsecos y de uso y gestión. Los primeros se subdividen a su vez en valores científicos (V_c) que incluye integridad (I), representatividad (R), rareza (RZ) e interés paleogeográfico (IP) (Tabla 1) y valores añadidos (V_a) que engloba los ecológicos (E), estéticos (EST), culturales (C) y económicos (ECO) (Tabla 2). Los V_c son aquellos inherentes y específicos de cada lugar y se evalúan en una escala cuantitativa que varía de 0 a 1 en intervalos de 0,25 (Reynard et al., 2016). Se asigna un valor de 0 cuando el valor es nulo y 1 si es alto (Reynard et al., 2016; Bouzekraoui et al., 2017; Ziem à Bidias et al., 2020; Quesada Román & Pérez-Umaña, 2020; Dóniz Páez et al., 2020, 2021).

Para llevar a cabo la cuantificación de los diversos valores intrínsecos se debe elegir una unidad territorial de referencia, que en este estudio es la isla de La Palma debido a que por su propia definición constituye una unidad espacial, territorial y geográfica muy bien delimitada. Con el fin de establecer comparaciones y definir un nivel jerárquico para cada LIGTs y/o paradas se establece la siguiente clasificación: valores bajos si las puntuaciones están entre 0-0,39; medios si están entre 0,4-0,59 y altos si están entre 0,6-1 (Bouzekraoui et al., 2017).

Tabla 1. Criterios utilizados para la obtención de los valores científicos

Criterio	Valor
Integridad (I) Estado de conservación del sitio. La mala conservación puede deberse a factores naturales (por ejemplo, erosión) o factores humanos.	0 = Destruído 0,25 = Prácticamente destruido 0,5 = Parcialmente destruido 0,75 = Ligeramente dañado 1 = Intacto
Representatividad (R) Se usa con respecto a un espacio de referencia (por ejemplo, comarca, región, isla, país). Todos los sitios seleccionados deben cubrir los procesos principales, activos o relictos, en el área de estudio	0 = Nulo 0,25 = Débiles 0,5 = Moderado 0,75 = Alto 1 = Muy alto
Rareza (Rz) Se refiere a la rareza del sitio con respecto a un espacio de referencia (por ejemplo, comarca, región, isla, país). El criterio sirve para identificar accidentes geográficos excepcionales en un área.	0 = > 7 0,25 = 5-7 0,5 = 3-4 0,75 = 1-2 1 = Único
Interés paleogeográfico (Ip) Importancia del sitio para la historia de la Tierra o el clima (por ejemplo, evolución del paisaje volcánico).	0 = Nulo 0,25 = Débiles 0,5 = Moderado 0,75 = Alto 1 = Muy alto
Promedio	(I+R+Rz+Ip)/4

Fuente: Reynard et al., 2007, 2016. Elaboración propia

Tabla 2. Criterios utilizados para los valores adicionales o añadidos

Valores ecológicos (Ec)		
Criterio	Valor cuantitativo	
Influencia ecológica	0	Sin relación con las características biológicas.
	0,25	Presencia de flora y fauna interesante.
	0,50	Uno de los mejores lugares para observar fauna y/o flora interesantes.
	0,75	Las características geomorfológicas son importantes para los ecosistemas.
	1	Las características geomorfológicas son cruciales para los ecosistemas.
Protección del sitio	0	No protegido.
	0,25	Protección a escala local.
	0,50	Protección a escala regional.
	0,75	Protección nacional.
	1	Protección internacional.
Valores estéticos (Es)		
Criterio	Valor cuantitativo	
Puntos desde donde se ven	0	El sitio solo es visible in situ o no es fácilmente accesible.
	0,25	El sitio no es fácilmente accesible, pero ofrece 1 o 2 lugares desde donde se ve.
	0,50	El sitio ofrece algunos puntos de vista (3-5) debido a la presencia de obstáculos visuales.
	0,75	El sitio tiene muchos puntos de vista (> 5).
	1	El sitio tiene muchos puntos de vista y es visible desde grandes distancias.

Contrastes verticales desarrollo y estructuración espacial	0	El sitio es monótono: topografía llana y monocolor.
	0,25	El sitio muestra cierto desarrollo vertical y se reconocen hasta tres colores.
	0,50	El sitio es abrupto y se reconocen hasta 5 colores.
	0,75	El sitio muestra una topografía contrastada y se reconocen hasta 7 colores.
	1	El sitio muestra una topografía contrastada y abrupta y se reconocen más de 7 colores.
Valor cultural (C)		
Criterio	Valor cuantitativo	
Importancia religiosa y simbólica	0	El sitio no presenta ninguna importancia religiosa.
	0,25	El sitio presenta una importancia religiosa local.
	0,50	El sitio presenta una importancia religiosa provincial o regional.
	0,75	El sitio presenta una importancia religiosa nacional.
	1	El sitio presenta importancia religiosa internacional.
Importancia histórica	0	El sitio no presenta ninguna importancia histórica.
	0,25	El sitio presenta una importancia histórica local.
	0,50	El sitio presenta una importancia histórica provincial o regional.
	0,75	El sitio presenta una importancia histórica nacional.
	1	El sitio presenta una importancia histórica internacional.
Importancia artística y literaria	0	Ninguna importancia artística.
	0,25	Importancia artística local.
	0,50	Importancia artística regional.
	0,75	Importancia artística nacional.
	1	Importancia artística internacional.
Importancia geohistórica	0	El sitio no está en el origen de ningún descubrimiento a través de la historia de las Ciencias de la Tierra.
	0,25	El sitio, debido al desarrollo científico o la demostración de un proceso, es conocido localmente.
	0,50	El sitio, debido al desarrollo científico o la demostración de un proceso, es conocido en el ámbito regional y / o provincial.
	0,75	El sitio, debido al desarrollo científico o la demostración de un proceso, es conocido a nivel nacional.
	1	El sitio, debido al desarrollo científico o la demostración de un proceso, es conocido internacionalmente.
Valores económicos (E)		
Criterio	Valor cuantitativo	
Productos económicos	0	El sitio no genera ningún ingreso.
	0,25	El sitio es conocido, pero es la causa de beneficios indirectos (turismo).
	0,50	El sitio es una fuente de ingresos, pero está amenazado por la actividad humana que puede agotarlo.
	0,75	El sitio es administrado por una empresa, no causa ningún impacto.
	1	El sitio permite la gestión directa de una empresa autónoma que no causa ningún impacto negativo.
Promedio	(Ec+Es+C+E)/4	

Fuente: Reynard et al., 2007, 2016. Elaboración propia

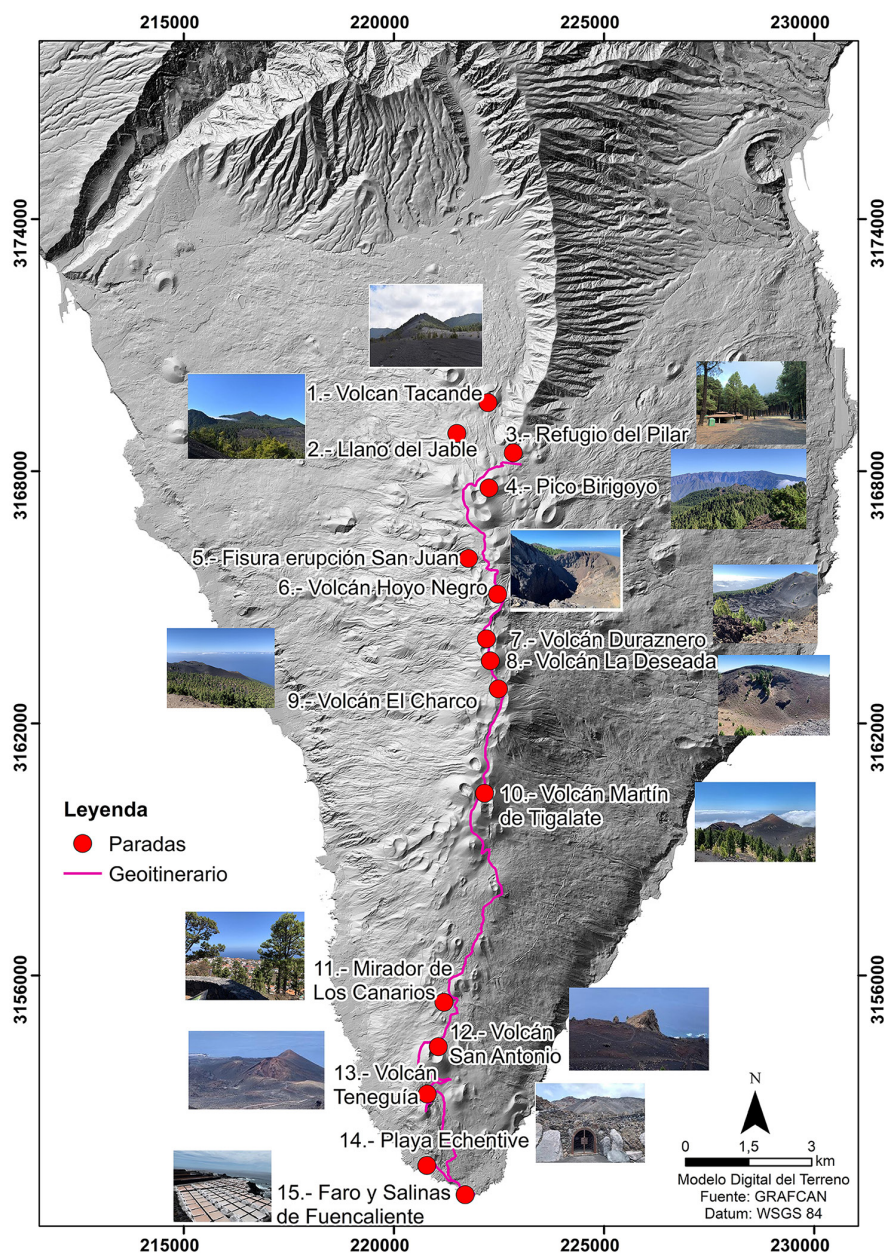
Los V_{UG} se dividen en: protección (protección y daños y amenazas) y promoción (condiciones de visita y educación). Estos valores sólo se consideran como un valor cualitativo del LIGTs, por tanto, la información es recopilada y almacenada en una base de datos que puede ser utilizada para la clasificación, comparación y posteriormente para gestión cuando se implementen los diferentes usos en cada LIGTs.

3. Resultados

3.1. Identificación de los LIGTs y/o paradas del geoitinerario

Se identificaron inicialmente 30 LIGTs y/o paradas y de éstos se seleccionaron 15 (Figura 2). Cada uno de ellos muestra ejemplos representativos del patrimonio geográfico de CV, las geoformas volcánicas y no volcánicas están conservadas y todos son accesibles. El recorrido de los lugares seleccionados va desde el Volcán de Tacande hasta el Faro de Fuencaliente con una longitud de más de 28 km.

Figura 2. Mapa con los LIGTs y/o paradas del geoitinerario de la Ruta de los Volcanes



Fuente: CNIG y GRAFCAN. Elaboración propia

3.2. Caracterización del patrimonio geográfico de los LIGTS y/o paradas del geoitinerario

Parada 1: Volcán Tacande. X: 222.159,91 - Y: 3.169.690,46

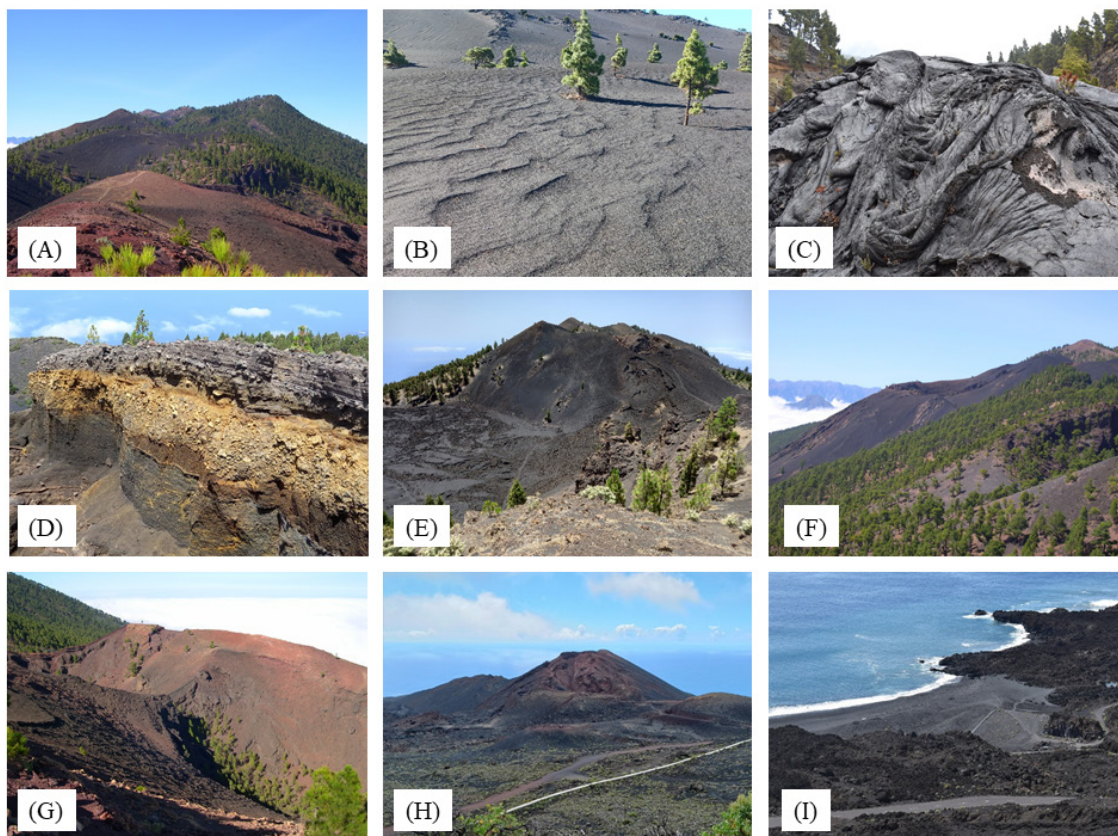
Las investigaciones realizadas sitúan la erupción de Tacande en época aborigen entre 1430-1440 (Romero Ruiz, 1990) por lo que se trataría de la primera erupción histórica de Canarias. Desde el punto de vista del patrimonio natural destacan las geoformas volcánicas asociadas con el edificio eruptivo constituido por lapilli, bombas volcánicas, escorias y lavas interestratificadas. El cono posee un cráter en herradura típica abierto al NE que conecta con un canal lávico por el que emite abundantes coladas de lavas aa y una pequeña fisura en su base norte desde la que se emiten cortas lenguas de lava de morfología superficial aa (Romero Ruiz, 1990). Hay que señalar que se trata de la única erupción histórica de La Palma cuyas lavas no llegaron al mar. Dentro de las geoformas no volcánicas destacan las pequeñas incisiones torrenciales en los dorsos del edificio volcánico, las eolizaciones en el campo de lapilli y en los flancos del cono y la presencia de taludes escoriáceos en el cráter. El paisaje vegetal se caracteriza por el pinar húmedo (*Loto hillebrandi-Pinetum canariensis*) y el escobonillar-crespar (*Descurainio gilvae-Plantaginetum webii*) sobre los materiales piroclásticos y las comunidades líquénicas (*Stereocaulium vesuvianum*) sobre las lavas (Del Arco Aguilar, 2006). Respecto a

las aves en ocasiones se ven cuervos (*Corvus corax canariensis*). En relación con el patrimonio cultural hay que destacar sus valores etnográficos ya que en sus proximidades se encuentra un conjunto de cabañas vinculadas con los aborígenes de la isla. Además, es posible que estas estructuras hayan sido utilizadas post-conquista por pastores (Gobierno de Canarias, 2009). El patrimonio cultural intangible está asociado con las fuentes documentales asociadas con la erupción histórica. Actualmente, desde aquí se inicia el sendero que lleva hasta el nuevo volcán del Tajogaite. Además, se debe señalar las interesantes panorámicas que ofrece este espacio hacia la Caldera de Taburiente, el Bejenado, CV, Cumbre Nueva, el Birigoyo y el Llano del Jable.

Parada 2: Llano del Jable. X: 221.484,33 - Y: 3.168.918,03

El Mirador de Llano del Jable (Figura 3) es conocido popularmente como el Llano de Las Brujas. Desde el punto de vista del patrimonio natural destacan las geoformas volcánicas asociadas con el conjunto eruptivo La Barquita-Birigoyo de dinámica estromboliana que dio lugar a la formación de un gran campo de lapilli y emisiones de lavas que no alcanzaron el mar con numerosos canales lávicos. Dentro de las geoformas no volcánicas destacan las pequeñas barranqueras, los ripples, las dunas y los debris flow que se forman en el campo de lapilli. La vegetación predominante es el cresparr, el pinar entremezclado con codesos de monte (*Loto hillebrandii*-*Pinetum canariensis adenocarpetosum foliolos*) y el brezal (*Ericetum arboreum*) (Del Arco Aguilar, 2006). En lo que se refiere a las aves en este mirador se pueden observar hasta cuatro especies: bisbita caminero (*Anthus berthelotii berthelotii*), herrerillo palmero (*Cyanistes teneriffae palmensis*), pinzón palmero (*Fringilla canariensis palmae*) y reyezuelo canario (*Regulus regulus ellenthalerae*) (Banco de datos de Biodiversidad de Canarias [BIOTA], s.f.). El patrimonio cultural está relacionado con una referencia que aporta el dato del por qué se le llama Llano de las Brujas relacionado con las frecuentes nieblas y con los usos turísticos actuales al ser un mirador astronómico. Desde esta parada hay muy buenas panorámicas de Montaña Quemada, Montaña de Enrique, la Caldera de Taburiente, el Bejenado, Cumbre Nueva, CV y el Birigoyo.

Figura 3. Patrimonio natural de La Ruta de Los Volcanes. A-Panorámica de Cumbre Vieja. B-Eolizaciones del Llano del Jable. C-Lavas pahoehoe de la fisura de Llano del Banco (1949). D-Estratos del volcán Hoyo Negro (1949). E-Lago de lava y cono volcánico del Duraznero (1949). F-Volcán del Charco (1712). G-Volcán Martín de Tigalate (1646). H-Volcán Teneguía (1971). I-Playa Echentive.



Fotografías de los autores

Parada 3: Refugio del Pilar. X: 222.657,93 - Y: 3.168.500,55

El Refugio del Pilar es un área recreativa y tradicionalmente es el punto de inicio de la Ruta de Los Volcanes (Figura 4). Desde el punto de vista del patrimonio natural, en este lugar se pueden reconocer coladas de lava basálticas emitidas desde uno de los cráteres del volcán Birigoyo. Aunque en esta parada lo más destacado es el paisaje vegetal repoblado de *Pinus canariensis* y *Pinus radiata* y asociado a la densa cubierta vegetal diversos tipos de aves como la paloma turquí (*Columba bollii*) o la graja palmera (*Pyrrhocorax pyrrhocorax barbarus*) (BIOTA, s.f.). En lo referente al patrimonio cultural lo más destacado es la presencia de un yacimiento arqueológico integrado por un poblado de cabañas y corrales que suman unas sesenta y nueve construcciones y que no es anterior al S. XVII, aunque tuvo su periodo álgido en el S. XIX. (Navarro Mederos et al., 2012) y que presenta un buen estado de conservación.

Figura 4. Patrimonio cultural de La Ruta de Los Volcanes. A-Mirador astronómico de Llano del Jable. B-Refugio del Pilar e inicio Ruta de Los Volcanes. C-Cultivos de viñedos en Fuencaliente. D-Roque Teneguía. E-Cultivos de plataneras sobre deltas lávicos del volcán San Antonio. F-Fuente Santa. G-Playa del Faro. H-Faros de Fuencaliente. I-Salinas de Fuencaliente.



Fotografías de los autores

Parada 4: Volcán Birigoyo. X: 222.190,06 - Y: 3.167.514,60

El Volcán o Pico Birigoyo es una erupción de hace 6 ± 2 ka (Barrera Morate & García Moral, 2011), debió tener un comportamiento de tipo estromboliano con emisión de piroclastos y lavas. Se trata de un edificio múltiple en el que se pueden reconocer varios cráteres anulares asimétricos y abiertos en herradura siguiendo una fractura de dirección NE-SO. El volcán Birigoyo está anexado al de La Barquita formando un complejo volcánico múltiple y superpuesto. En relación con las geoformas no volcánicas hay que destacar las pequeñas barranqueras, los taludes de derrubios y las eolizaciones sobre los lapilli. El paisaje vegetal está constituido por el crespar, el pinar entremezclado con codesos de monte y repoblaciones de *Pinus canariensis* y *Pinus radiata* (Del Arco Aguilar, 2006). En cuanto a las aves se pueden apreciar dos: bisbita caminero y el endémico mosquitero canario (*Phylloscopus canariensis canariensis*) (BIOTA, s.f.). En lo concerniente al patrimonio cultural, cerca de esta parada se encontraba un gigantesco campamento pastoril estacional con presencia de fragmentos de cerámica e industria lítica (Martín Bueno, 2005). Los materiales están muy erosionados y descontextualizados por obra de la escorrentía, pero es que además este yacimiento está atravesado por una pista y por el sendero que recorre La Ruta de Los Volcanes, por lo que es transitado diariamente (Martín

Bueno, 2005). Relacionado con el patrimonio intangible tenemos la leyenda de la “Mujeres bregadoras de lucha canaria: Juana la de Tacande y Clara Díaz” donde se menciona al Birigoyo (Intersindical Canaria, Federación de Salud. (s.f.)). Por último, desde este punto se pueden apreciar panorámicas del volcán de Montaña Tacande, el domo de Montaña Enrique, el Llano del Jable, el Hoyo Negro, la Caldera de Taburiente, el Bejenado, Cumbre Nueva y CV. En días favorables, también es posible ver las vecinas islas de La Gomera y Tenerife.

Parada 5: Fisura erupción San Juan, 1949. X: 222.268,43 - Y: 3.165.654,80

Esta parada se añade, a pesar de no estar dentro de la Ruta de los Volcanes, debido a la proximidad al mismo, pero sobre todo para englobar la totalidad de los centros de emisión de la erupción de 1949 que se desarrollaron en torno a una fractura de 3,6 km de dirección NO-SE. En este sector corresponde con el extremo NO de la fractura y dista unos 2,5 km del siguiente cono volcánico generado en 1949. Corresponde al inicio de la erupción el 24 de junio de 1949 con la apertura de una grieta por la que se emitieron gases, piroclastos y abundantes lavas. El conjunto eruptivo tuvo una dinámica hawaiana con la formación de coneletes de escorias, hornitos, lagos de lava petrificados y la emisión de coladas pahoehoe que se canalizaron por un barranco previo, recorrieron unos 6 km, destruyeron parcialmente el pueblo de Las Manchas y alcanzaron el mar formando un delta lávico. Lo más llamativo de esta fisura es toda la variedad de morfologías volcánicas asociadas con los depósitos de *spatter*, las lavas pahoehoe y los recubrimientos de cenizas y lapilli de la erupción de 2021; pero también se pueden reconocer algunas geoformas no eruptivas como los taludes y la presencia de un barranco cuyo abanico aluvial ha sepultado parcialmente un tramo de la fisura eruptiva. El paisaje vegetal lo conforma el pinar canario con codeso de monte (Del Arco Aguilar, 2006). Las aves son: mosquitero canario, herrerillo palmero, pinzón palmero y reyezuelo canario (BIOTA, s.f.). El patrimonio cultural está asociado con la presencia de senderos homologados, pero sobre todo con el patrimonio intangible vinculado con las décimas del volcán de San Juan. Estas son estrofas de diez versos octosílabos de rima consonante, forman parte de la tradicional costumbre de la isla de versear sus principales acontecimientos. En este caso, además, muchas de estas décimas se llegaron a imprimir en octavillas que se vendían para obtener fondos para los afectados por el volcán (Pérez Cruz, 2019). Como muestra de los cientos que hay a continuación se reproduce una:

*El humo por la Horqueta baja
porque así lo estamos viendo
los pinos viejos cayendo
como carta de baraja
la lava corre con ventaja
porque se oía el ruido
y el público querido
socorro estaba pidiendo
viene el barranco corriendo
lleno de fuego encendido*

Parada 6: Volcán Hoyo Negro, 1949. X: 222.222,01 - Y: 3.164.941,83

Este volcán también se le conoce como Nambroque y pertenece a la erupción de 1949. Se trata de un gran edificio eruptivo de morfología anular festoneada en lóbulos de diferente tamaño, constituido por piroclastos basálticos y de dinámica freatomagmática sin emisión de lavas. Lo más llamativo es el gran cráter/embudo de explosión circular de más de 0,3 km diámetro y unos 115 metros de profundidad en los que se puede apreciar la estratificación propia de este tipo de erupciones (dunas, antidunas, huellas de impacto, etc.) con un importante valor estético. Hacia el NNE se pueden reconocer un conjunto de grietas paralelas interpretadas como pequeñas fallas en escalera que se abrieron durante el proceso eruptivo (Romero Ruiz, 1990). En relación con el modelado posteruptivo es destacable el conjunto de pequeñas barranqueras, debris flows y taludes escoriáceos de derrubios que observan en el interior del cráter, las eolizaciones y pequeñas dunas en los lapilli y en los inviernos muy fríos microformas periglaciares muy efímeras. La vegetación tiene poco recubrimiento y se caracteriza por el cresparr y el pinar con codeso de monte (Del Arco Aguilar, 2006). Las aves son el mosquitero y el reyezuelo canario (BIOTA, s.f.). El patrimonio cultural está sobre todo relacionado con aspectos intangibles como las décimas (Pérez Cruz, 2019) o la anécdota de que la Virgen de las Nieves

apaciguo la erupción cuando la llevaron en procesión desde Breña Alta hasta Santa Cruz durante los días 24 al 26 de julio de 1949 (Díaz Lorenzo, 2008). Por último, hay unas interesantes panorámicas hacia El Birigoyo, el Duraznero, la Deseada, la Caldera de Taburiente, el Bejenado y CV. En días favorables, también es posible avistar las islas de La Gomera y Tenerife.

Parada 7: Volcán El Duraznero, 1949. X: 222.273,24 - Y: 3.164.032,99

Este volcán también forma parte de la erupción del San Juan de 1949. Se trata de un edificio de marcado carácter fisural, constituido por productos de proyección aérea groseros, fundamentalmente escorias, jirones y plastrones lávicos soldados y configurado a partir de un rosario de focos eruptivos de diferente tamaño y morfología que se yuxtaponen en una fractura de orientación N-S. A lo largo de la fisura es posible reconocer conos volcánicos abiertos en herradura, coneletes y hornitos escoriáceos, arcos crátericos, embudos de explosión, grietas de asentamiento y un lago de lava pahoehoe y aa petrificado (Figura 3) que vertió sus lavas hacia la vertiente oriental de CV que, al canalizarse por un barranco, alcanzaron más de 6 km de recorrido pero que no llegaron al mar. Dentro de las geoformas no volcánicas destacan los taludes que recubren las vertientes internas meridional y occidental y que tapizan totalmente el fondo del cráter (Romero Ruiz, 1990). En el paisaje vegetal destaca el crespas, las comunidades liquénicas de *Stereocaulium vesuvianum*, pioneras de *Kleinia Euphorbitalia* y *Artemisia-Rumicion*, además de pinar con codesos de monte (Del Arco Aguilar, 2006). Las aves que se pueden ver son el cernícalo común (*Falco tinnunculus canariensis*) y mosquitero canario (BIOTA, s.f.). Al igual que para los otros dos conjuntos históricos de 1949, los aspectos culturales están ligados al patrimonio cultural intangible. Las panorámicas desempeñan un importante valor para este lugar.

Parada 8: Volcán La Deseada. X: 222.455,40 - Y: 3.163.555,41

El Volcán La Deseada es el punto más alto de CV con una altitud de 1.947 metros. Es un volcán basáltico monogénico de morfología anular asimétrica en cuyo interior se identifican dos embudos. Está constituido por lapilli, escorias y bombas y emitió lavas reconociéndose actualmente los canales lávicos, por lo que su dinámica debió ser de tipo estromboliana. La estructura de La Deseada está interrumpida parcialmente en el N por la superposición de piroclastos de la erupción del Duraznero de 1949. Las geoformas no volcánicas más llamativas son los taludes escoriáceos y las pequeñas barranqueras. El patrimonio vegetal está representado por crespas y pinar con codesos de monte (Del Arco Aguilar, 2006). Las aves que se pueden observar en lo alto de La Deseada el chorlito carambolo (*Eudromias morinellus*) y el mosquitero canario (BIOTA, s.f.). El patrimonio cultural (Tabla 3) se asocia con la presencia del sendero. Existen panorámicas del Birigoyo, Hoyo Negro, Duraznero, Tajogaite, el Charco y Martín de Tigalate, además de la Caldera de Taburiente, el Bejenado y de CV. En días favorables también es posible distinguir las islas de La Gomera, El Hierro y Tenerife.

Parada 9: Volcán El Charco, 1712. X: 221.893,44 - Y: 3.162.339,67

Se trata de una erupción fisural en la que se pueden reconocer dos grandes conjuntos volcánicos generados durante la erupción de 1712. Hacia el oeste se pueden identificar una serie de fisuras efusivas con emisión de lavas de diferente morfología que alcanzan el mar en un recorrido de unos 3 km y hacia el E, a menos de 1 km, el aparato volcánico principal conocido como Montaña de Los Lajiones. Este edificio eruptivo es de planta subcircular, alargada, asimétrico y compuesto por cenizas, lapilli, escorias sin soldar, bombas volcánicas y lavas. Es fruto de una erupción con dinámicas diversas en las que hubo contacto agua-magma muy explosivas generando embudos de explosión y formación de depósitos freatomagmáticos o tobas cineríticas (Romero Ruiz, 1990). La morfología es relativamente compleja y se pueden reconocer varios conos y cráteres abiertos que emiten coladas de lava aa que arrastran, a modo de bloques erráticos, trozos del edificio volcánico y que en un recorrido de más de 8 km alcanzan el mar para generar el delta lávico de El Remo. El paisaje vegetal está caracterizado por crespas, comunidades liquénicas de *Stereocaulium vesuvianum*, *Cheilanthes pulchellae*, pioneras de *Kleinia-Euphorbitalia* y *Artemisia-Rumicion* y pinares (Del Arco Aguilar, 2006). Interesantes panorámicas hacia los volcanes de La Deseada y Martín de Tigalate. En días favorables, también es posible ver las islas de La Gomera, El Hierro y Tenerife.

Parada 10: Volcán Martín de Tigalate, 1646. X: 222.075,25 - Y: 3.160.103,93

Este volcán forma parte de la erupción histórica de 1646 y es llamativa puesto que, a excepción de una estrecha lengua de 1949, es la única en periodo histórico que vierte todas sus lavas hacia la vertiente oriental

de CV formando varios deltas lávicos (Malpaís del Río Muerto o el Búcaro). En esta erupción fisural es posible reconocer dos tramos espacialmente separados por más de 4 km: el superior ubicado en el eje de CV y el inferior localizado en las proximidades del litoral. Éste último está constituido por varios centros de emisión menores tipo hornito que derraman cortas lenguas de lava pahoehoe de elevada fluidez que generan el delta lávico del Búcaro y en las que se reconoce numerosas grietas y que están acantiladas. En nuestro caso nos interesa el conjunto eruptivo del tramo superior o Martín de Tigalate puesto que es por donde discurre el sendero de la Ruta de los Volcanes. Este volcán es fruto de una erupción fisural de rumbo N-S que da lugar a dos sectores muy diferenciados dinámica y morfológicamente. Hacia el norte tenemos el edificio volcánico principal abierto en herradura hacia el sur, compuesto por materiales de proyección aérea y en cuyo cráter es posible reconocer hasta cinco embudos de explosión, lo que nos habla de que la dinámica presentó comportamientos explosivos de tipo estromboliano, estromboliano violento y freatomagmáticos con depósitos cineríticos en el flanco oriental del cono volcánico principal. Desde este cono se emitieron coladas de lava de morfología predominantemente aa con canales lávicos que llegaron al mar y donde se pueden observar grandes bolas de acreción. Hacia el sur tenemos un edificio de menor envergadura constituido fundamentalmente por coneletes y hornitos de spatter y lavas interestratificadas, con dinámicas de tipo hawaiano con fuentes de lava y que emite coladas de lavas pahoehoe (cordadas, en losas, en tripas, en pliegues, drapeadas, etc.) con tubos volcánicos y aa con canales lávicos que llegan al mar y que son las que ocupan la mayor área de las emitidas por la erupción histórica de 1646 (Romero Ruiz, 1990). El modelado posteruptivo está principalmente caracterizado por procesos de dinámica de vertiente, los torrenciales y eolizaciones. La vegetación destaca el cresparr, comunidades liquénicas de *Soncho-Aeonion*, *Cheilanthion pulchellae* y pioneras de *Artemisio-Rumicion* y las repoblaciones de pinar (Del Arco Aguilar, 2006). En días de con clima favorable es posible observar las islas de La Gomera y Tenerife.

Parada 11: Mirador de Los Canarios. X: 221.195,02 - Y: 3.155.356,24

El Mirador de Los Canarios se sitúa en la ladera de volcán Montaña de Los Capotes. Se trata de un volcán basáltico monogénico abierto en herradura hacia el sur, compuesto por piroclastos diversos y con emisión de coladas de lava aa. La morfología original tanto del edificio como de su campo lávico está muy transformada por antropización. El paisaje vegetal está representado por el pinar, incienso, vinagreras y codesos de monte (*Artemisio thusculae*, *Rumicetum lunariae* y *Adenocarpus foliolosus*) (Del Arco Aguilar, 2006). La avifauna que se puede observar son dos especies: el gavilán (*Accipiter nisus granti*) y tórtola común (*Streptopelia turtur*) (BIOTA, s.f.). El patrimonio cultural está vinculado con el cultivo tradicional de la vid en Fuencaliente en donde está muy arraigado. Ahora bien, de lo más interesante de esta parada son las panorámicas hacia el barrio de Los Canarios, el Volcán de San Antonio, el Roque de Teneguía y CV. En días favorables, también es posible ver las islas de El Hierro, La Gomera y Tenerife.

Parada 12: Volcán San Antonio, 1677-1678. X: 220.830,16 - Y: 3.154.120,48

El Volcán de San Antonio es resultado de la erupción histórica de 1677-1678 en la isla. Se trata de un gran edificio volcánico de 230 m de altura, de morfología anular simétrica con un gran embudo de explosión de 152 m de profundidad (Figura 3) y con varias fisuras efusivas en la base SO. El cono volcánico está compuesto por piroclastos y tuvo comportamientos eminentemente explosivos estrombolianos y freatomagmáticos con depósitos cineríticos (Romero Ruiz, 1990). Al pie del cono se pueden encontrar dos fisuras efusivas de comportamientos hawaianos con emisión de spatter y escorias soldadas y la formación de hornitos y lavas muy fluidas de tipo pahoehoe y aa que generan un encharcamiento lávico que colapsó y que en su recorrido saltaron el cantil previo y llegan al mar generando una isla baja. Las geoformas posteruptivas más significativas son los taludes de escorias y las eolizaciones en el flanco SE del volcán. El paisaje vegetal lo conforma el arbol, el tomillo (*Echio breviamis-Micromerietum herpyllomorphae*), el pinar con jaras (*Juniperetosum canariensis*), facies de jaguarzo (*Cistus monspeliensis*) y tabaiba amarga (*Euphorbia lamarckii*) (Del Arco Aguilar, 2006). Las aves presentes son: endemismo cabezón de Teneguía (*Cheirolophus junonianus*), bisbita camineiro (*Anthus berthelotii bertheloti*) y cernícalo común (*Falco tinnunculus canariensis*) (BIOTA, s.f.). El patrimonio cultural de este conjunto eruptivo está relacionado con que sus lavas sepultaron la Fuente Santa de agua termo-medicinales, que en 2000 fue redescubierta, y el paisaje tradicional del cultivo de viñedos, los muros de piedra seca de las parcelas, los cuartos de aperos para la labranza y las infraestructuras de canalización y distribución de agua. Su privilegiada posición en la punta sur de la isla le otorga buenas panorámicas hacia CV, volcán de Teneguía y las Salinas de Fuencaliente. En días favorables, también es posible divisar las islas

de El Hierro, La Gomera y Tenerife. El interés turístico de este sector ha permitido la instalación del Centro de Visitantes del Volcán San Antonio.

Parada 13: Volcán Teneguía, 1971. X: 220.823,56 - Y: 3.152.982,79

Este volcán es fruto de la erupción de 1971. Se trata de un conjunto eruptivo de pequeño tamaño que apenas llega a los 89 metros de altura, pero morfológicamente presenta cierta complejidad identificándose varios conos volcánicos y multitud de centros de emisión. Tuvo un comportamiento de tipo estromboliano con etapas un poco más explosivas y está formado por lapilli, escorias, bombas, jirones y plastrones lávicos y lavas interestratificadas. El cono principal tiene planta semicircular, con forma en herradura asimétrica abierta hacia el S, con una montaña de lapilli al noroeste, dos cráteres mixtos, un conelete anular y un embudo explosivo al norte del foco principal (Romero Ruiz, 1990). Los flujos lávicos de morfología aa con canales lávicos y bolas de acreción son emitidos desde los diferentes cráteres y alcanzan el mar saltando un cantil previo y dando lugar una isla baja. Las formas de modelado posteruptivo están asociadas con la dinámica de vertiente, el viento y la acción del mar en el frente de las coladas de lava. Muy cerca del volcán aparecen los llamados Roques de Teneguía que dan nombre a este volcán. Se trata de los restos muy erosionados y fracturados de un pequeño domo-colada sálico alimentado por un potente dique que ha sido datado en torno a los 56.000 años (Gobierno de Canarias, 2006). La vegetación es escasa dado lo reciente de los materiales, pero hay presencia de comunidades liquénicas (*Stereocaulum vesuvianum*) y en torno a los senderos antropizados el saladar con arrebol (Del Arco Aguilar, 2006). Conviene señalar, desde el punto de vista de la avifauna la presencia del cabezón de Teneguía. Los elementos culturales se relacionan con los paisajes rurales tradicionales del cultivo de la vid en sus inmediaciones y con el patrimonio arqueológico de Los Roques de Teneguía. En la cara oriental del Roque de Teneguía se encuentra la única estación de grabados rupestres de Fuencaliente, son más de veinte paneles de motivos geométricos con predominio de las espirales y semicírculos concéntricos (Martín Bueno, 2005). A ello debemos añadir la presencia de varias covachas naturales de habitación, una covacha funeraria y un posible asentamiento superficial en la parte superior del roque monolítico (Martín Bueno, 2005).

Parada 14: Playa de Echentive – Fuente Santa. X: 220.816,68 - Y: 3.151.340,16

La Playa de Echentive o Playa Nueva (Figura 3) es fruto de la erupción del volcán Teneguía (octubre de 1971). La colada emitida alcanzó el mar y formó la playa de cantos, gravas y arenas que posee unos 300 metros de longitud. En la trasplaya aparecen varias charcas situadas por debajo del cero marino actual en las que, durante la marea alta, el agua se filtra inundándolas y dejándolas fuera de la acción del oleaje. Cabe destacar la presencia de un *beachrock* que posee menos de 350 años que evidencia cambios recientes en el nivel del mar (Calvet et al., 2005). El paisaje vegetal está presente a través de comunidades liquénicas (*Stereocaulum vesuvianum*), tabaibal dulce (*Echio breviramis-Euphorbietum balsamiferae*) y saladar blanco con arrebol (*Euphorbia lamarckii-Schizogynietum sericeae echietosum breviramis*) (Del Arco Aguilar, 2006). Las aves son el andarríos chico (*Actitis hypoleucos*) y la gaviota patiamarilla (*Larus michahellis atlantis*) (BIOTA, s.f.). Por otra parte, en las proximidades de la playa se encuentra la entrada a la galería de la Fuente Santa. Esta se situaba al pie de un elevado acantilado de 150 metros donde se hallaba una playa de callaos y allí se formaron dos charcas mareales que los enfermos denominaban de San Lorenzo y de San Blas. El agua de la fuente llegó a exportarse a Cuba y Amberes. La riqueza que generaba el agua incrementó, en gran medida, los ingresos de la isla, las visitas de enfermos aquejados de sífilis, lepra, reumatismo o artrosis y es la que dio nombre al municipio (Ortega Abraham, 2007).

Parada 15: Salinas y Faro de Fuencaliente. X: 221.745,58 - Y: 3.150.794,49

Las Salinas de Fuencaliente (Figura 4) es una explotación de sal de 46.000 m², situada sobre las lavas del volcán histórico de San Antonio. Es un Sitio de Interés Científico situado dentro del Monumento Natural de los Volcanes de Teneguía y Lugar de Interés Geológico. Las geoformas volcánicas más llamativas son las coladas de lava aa con arcos de empuje, bolas de acreción y basaltos columnares que son visibles gracias a la erosión marina que acantilado el frente de los flujos lávicos. Muy cerca de este entorno se encuentra la playa del Faro de arena y cantos volcánicos con presencia de berma. El patrimonio vegetal lo conforman especies vegetales adaptadas a ambientes hipersalinos y con falta de oxígeno. Además, este espacio sirve como lugar de descanso para aves migratorias en otoño, que llegan a la zona después del largo viaje estacional. Entre las especies más destacadas se encuentran el chorlito patinegro (*Charadrius alexandrinus*), corremolinos (*Caladris*), vuelvepiedras (*Arenaria interpres*), andarríos y aves raras como flamenco (*Phoenicopterus ruber*) y el tarro canelo (*Tadorna ferruginea*) (BIOTA, s.f.). En este punto el antiguo faro alberga el Centro de

Interpretación de la Reserva Marina de la isla de La Palma. Por último, se pueden ver panorámicas hacia el Volcán Teneguía y San Antonio, el paleoacantilado del Teneguía, CV y, en días favorables, las islas de El Hierro, La Gomera y Tenerife.

Tabla 3. Patrimonio Natural y Cultural del Geoitinerario natural

N	Paradas	Patrimonio Natural	Patrimonio Cultural
1	Volcán Tacande	Cono volcánico, fisura, lava, lapilli, escoria soldada, bombas volcánicas, canales de lava, talud de derrubios, vegetación.	Cabañas auritas, utilizadas posteriormente por pastores. Repoblaciones antrópicas y sendero.
2	Llano del Jable	Coladas basálticas, canal de lava, campo de lapilli, ripples, dunas, debris flow, barranqueras, vegetación.	Muros de piedra hechos por el hombre y paneles de interpretación de los cielos y el paisaje.
3	Refugio del Pilar	Lavas, lapilli, vegetación.	Área recreativa, yacimiento arqueológico.
4	Volcán Birigoyo	Cono volcánico múltiple, fisuras secundarias, lapilli, escorias soldadas, bombas volcánicas, coladas de lava, taludes de derrubios, vegetación.	Panel de interpretación del paisaje y el sendero que asciende que ha sido hecho por el hombre. Valor etnográfico en Llano Amarillo: campamento pastoril, fragmentos de cerámicas, restos líticos
5	Fisura erupción San Juan	Grieta eruptiva, pulsos de lava estratificada, talud de lapilli, vegetación.	Camino y otras infraestructuras hechas antrópicamente. Décimas.
6	Volcán Hoyo Negro	Volcán, grietas de desplazamiento vertical, coladas de lapilli, material hidromagmático, taludes de derrubios, barranqueras, vegetación.	Sendero o camino de la Ruta de Los Volcanes. Estación de grabados (no confirmada) en Montaña Nambroque. Décimas.
7	Volcán El Duraznero	Volcán, hornitos, spatter cone, lapilli, coladas de lava, escorias soldadas, bombas volcánicas, lago de lava, taludes de derrubios, vegetación.	Sendero o camino de la Ruta de Los Volcanes. Décimas.
8	Volcán La Deseada	Cono volcánico, bocas eruptivas secundarias, campo de lapilli, escorias soldadas, bombas volcánicas, canal de lava, taludes de derrubios, vegetación.	Sendero o camino de la Ruta de Los Volcanes.
9	Volcán El Charco	Cono volcánico, lapilli, escorias soldadas, bombas volcánicas, materiales hidromagmáticos, taludes de derrubios, vegetación.	Sendero o camino de la Ruta de Los Volcanes.
10	Volcán Martín de Tegalate	Cono volcánico, fisura, lapilli, escorias soldadas, bombas volcánicas, material hidromagmático, canal de lava, coladas de lava, hornito, vegetación.	Sendero o camino de la Ruta de Los Volcanes.
11	Mirador Los Canarios	Cono volcánico, lapilli, escorias soldadas, bombas volcánicas, coladas de lava basálticas, vegetación.	Cultivo de viñedos, que es la de mayor extensión de toda la isla.
12	Volcán San Antonio	Cono volcánico, fisuras, lapilli, escorias soldadas, bombas volcánicas, material hidromagmático, coladas de lava, Roque Teneguía, vegetación.	Parcelas de cultivos dedicadas a los viñedos.
13	Volcán Teneguía	Cono volcánico, lapilli, escorias soldadas, bombas volcánicas, coladas de lava, vegetación.	Parcelas de cultivo dedicadas a los viñedos, muros de piedra
14	Playa Echentive	Coladas basálticas, cantos, gravas, charcas mareales, playa fósil, vegetación.	Fuente Santa, manantial de propiedades curativas.
15	Salinas y Faro de Fuencaliente	Coladas de lava, aves migratorias y vegetación de ambientes salinos.	Sitio de Interés Científico, Salinas, Faro de 1902 y Faro de 1985.

Elaboración propia

3.3. Evaluación de los LIGTS y/o paradas del geoitinerario

Las Tablas 4 y 5 muestran las valoraciones de cada criterio para los V_C y V_A de los 15 LIGTs y/o paradas de la Ruta de los Volcanes. La puntuación media de los V_C y los V_A , es igual (0,54), encuadrándose, según Bouze-kraoui et al., 2017, dentro del grupo de valores medios. Un análisis más detallado de los valores intrínsecos muestra resultados interesantes. Así, para los V_C el 46,7% son altos, el 26,7% son medios y el 26,7% son bajos. En cambio, para los V_A el 26,7% son altos, 60% son medios y 13,3% son bajos. Estos porcentajes arrojan puntuaciones más altas para los V_C de los LIGTs que para los V_A . Asimismo, la desviación estándar para los V_C y para los V_A es bastante diferente. Mientras que para el primero es de 0,13, para el segundo es tan sólo de 0,09. Una desviación baja, como es el caso que nos ocupa, indica que la mayor parte de los valores de los 15 LIGTS están muy agrupados cerca del valor medio.

Tabla 4. Evaluación del V_C de las paradas del geoitinerario

Nº	Paradas	I	R	RZ	IP	V_C	Evaluación cualitativa
1	Volcán Tacande	0,75	0,75	0,50	0,50	0,63	Alto
2	Llano del Jable	0,50	0,75	0,50	0,50	0,56	Medio
3	Refugio del Pilar	0,25	0,25	0,75	0,25	0,38	Bajo
4	Pico Birigoyo	0,50	0,25	0,50	0,25	0,38	Bajo
5	Fisura erupción San Juan	0,50	0,75	0,75	0,75	0,69	Alto
6	Volcán Hoyo Negro	1,00	0,50	0,50	0,50	0,63	Alto
7	Volcán Duraznero	0,75	0,50	0,50	0,50	0,56	Medio
8	Volcán La Deseada	0,50	0,25	0,25	0,50	0,38	Bajo
9	Volcán de El Charco	1,00	0,50	0,50	0,50	0,63	Alto
10	Volcán de Martín de Tigalate	0,75	0,75	0,50	0,50	0,63	Alto
11	Mirador Los Canarios	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	Bajo
12	Volcán San Antonio	0,75	0,50	0,50	0,50	0,56	Medio
13	Volcán Teneguía	0,75	0,75	0,75	0,50	0,69	Alto
14	Playa Echentive	0,75	0,75	0,75	0,25	0,63	Alto
15	Salinas-Faro Fuencaliente	0,50	0,50	0,75	0,50	0,56	Medio
	Promedio	0,63	0,53	0,55	0,45	0,54	Medio

Elaboración propia

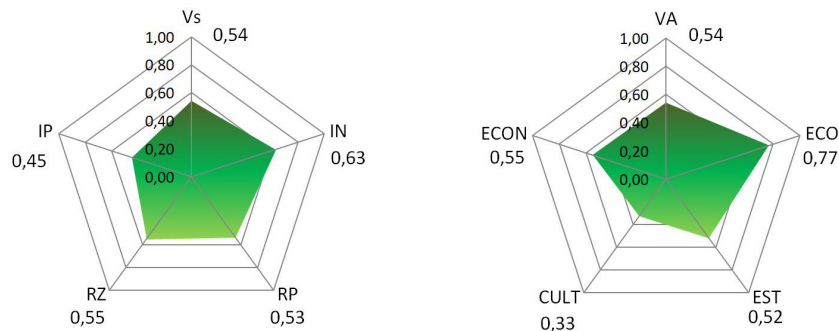
Tabla 5. Evaluación del V_A de las paradas del geoitinerario

Nº	Paradas	E	EST	C	ECO	V_A	Evaluación cualitativa
1	Volcán Tacande	0,88	0,63	0,38	0,50	0,59	Medio
2	Llano del Jable	0,88	0,38	0,19	0,50	0,48	Medio
3	Refugio del Pilar	0,75	0,13	0,13	0,50	0,38	Bajo
4	Pico Birigoyo	0,88	0,75	0,38	0,50	0,63	Alto
5	Fisura erupción San Juan	0,63	0,25	0,38	0,50	0,44	Medio
6	Volcán Hoyo Negro	0,88	0,38	0,44	0,50	0,55	Medio
7	Volcán Duraznero	0,88	0,38	0,38	0,50	0,53	Medio
8	Volcán La Deseada	0,88	0,75	0,25	0,50	0,59	Medio
9	Volcán El Charco	0,88	0,38	0,38	0,50	0,53	Medio
10	Volcán Martín de Tigalate	0,88	0,75	0,38	0,50	0,63	Alto
11	Mirador Los Canarios	0,25	0,50	0,25	0,50	0,38	Bajo
12	Volcán San Antonio	0,63	0,50	0,44	0,75	0,64	Alto
13	Volcán Teneguía	0,63	0,75	0,44	0,75	0,64	Alto
14	Playa Echentive	0,88	0,38	0,31	0,50	0,52	Medio
15	Salinas-Faro Fuencaliente	0,75	0,63	0,19	0,75	0,58	Medio
	Promedio	0,77	0,52	0,33	0,55	0,54	Medio

Elaboración propia

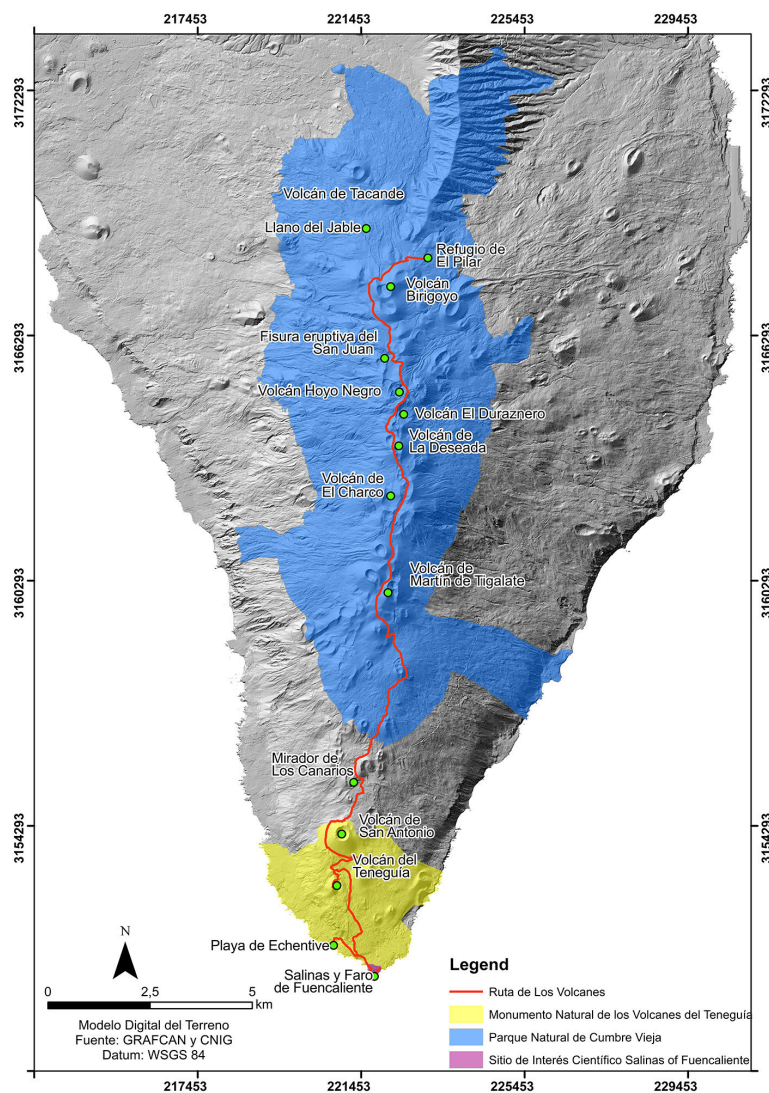
Al analizar las puntuaciones medias para cada ítem de los V_C y los V_A (Figura 5) se observa que los valores más altos son la I (0,63), seguido de la RZ (0,55), la R (0,53) e IP con 0,45. Por su parte, en los V_A las puntuaciones medias más altas son para los valores E (0,77), seguidos de los ECON (0,55), EST (0,52) y, por último, los C (0,33). Estos datos indican que las características más sobresalientes de los LIGTs y/o paradas seleccionadas de La Ruta de Los Volcanes tiene que ver con el patrimonio natural y, por tanto, mucho menos con el criterio C. A su vez, los datos aportan información del elevado grado de conservación de sus geoformas (Figura 6) y su interés económico a través del geoturismo.

Figura 5. Gráficos radiales del V_C y del V_A



Elaboración propia

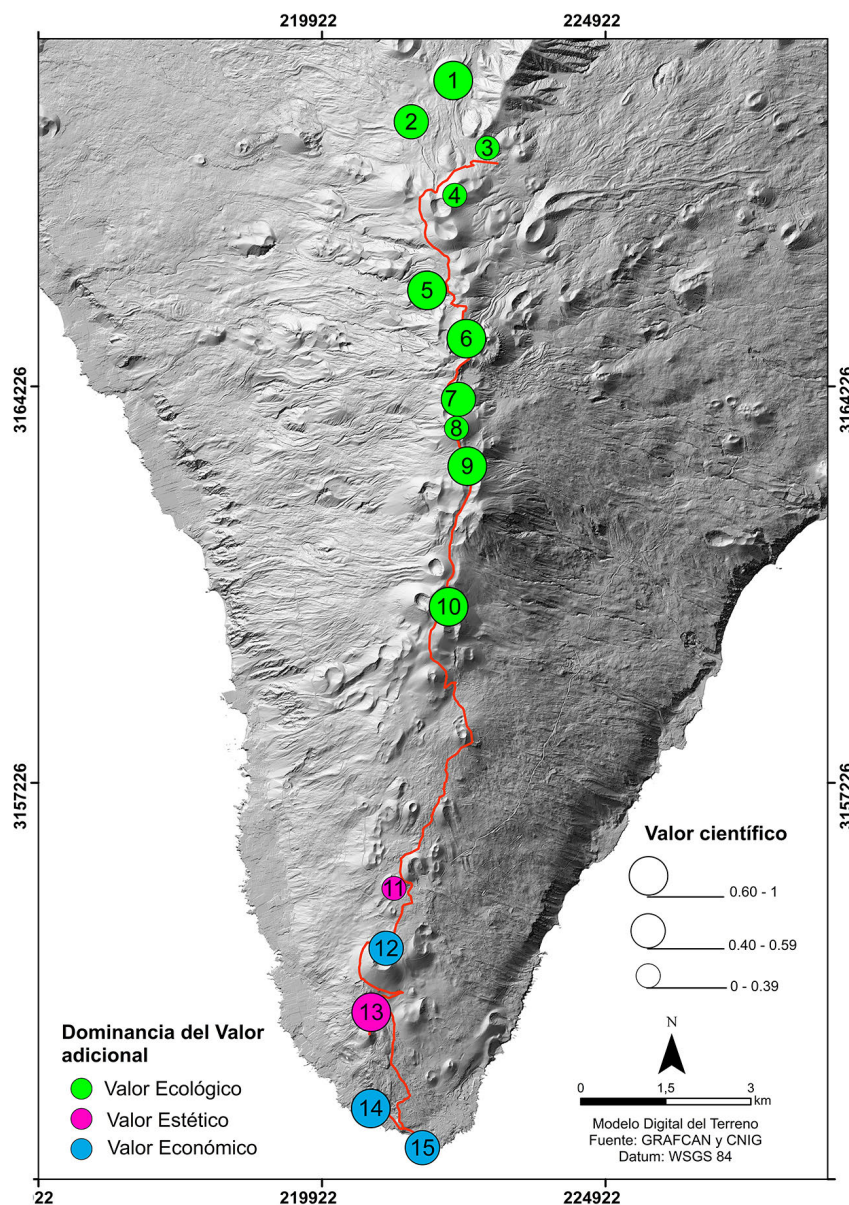
Figura 6. Ruta de los Volcanes con sus respectivas 15 paradas



Fuente: CNIG y GRAFCAN. Elaboración propia

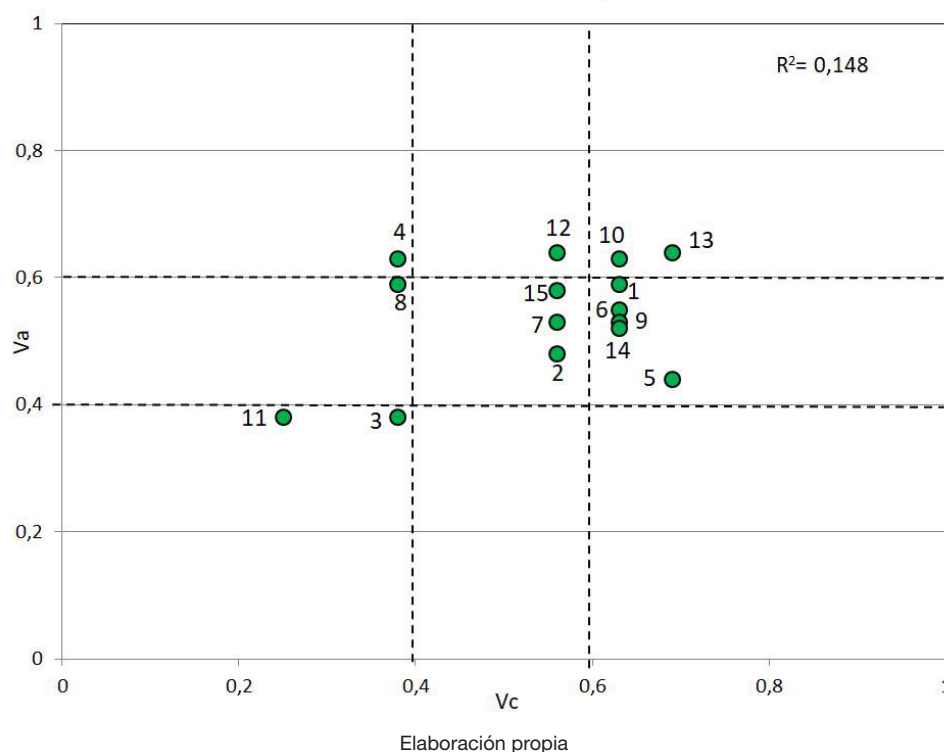
Los resultados de los LIGTs atendiendo a si los V_C son altos, medios y bajos y cuál es el V_A dominante se muestran en la Figura 7. En este sentido, para cinco de los siete LIGTs con V_C alto el V_A dominante es el E (1, 5, 6, 9 y 10); mientras que para los dos restantes (13 y 14) son los EST. Para los LIGTs con V_C medios el 50% tiene como V_A dominante el E (2 y 7) y el otro 50% el ECO (12 y 15). Finalmente, para los LIGTs con puntuaciones bajas para el V_C los V_A dominantes son los E (2, 3, 4 y 8) y los EST (11). Por tanto, parece ser que el V_A dominante en el 66,67% de los LIGTs es el E, seguido del 20% de los EST, el 13,33% de los ECO. Estos datos están acordes con que la mayor parte de los LIGTs y/o paradas seleccionadas están bajo alguna figura de protección (Monumento natural, Sitio de interés científico o Red Natura 2.000) (Figura 6) y que, además, la Ruta de Los Volcanes ya se explota turísticamente, incluso existiendo algunos LIGTs (Volcán de San Antonio) en los que la visita se paga.

Figura 7. Dominancia de los V_C y de los V_A



Fuente: CNIG y GRAFCAN. Elaboración propia

Al enfrentar los valores científicos con los añadidos (Figura 8), a pesar de poseer correlación baja ($R^2=0,148$) lo que denota una gran dispersión entre los puntos, nos permite identificar tres grandes grupos de LIGTs en función de la puntuación de sus valores científicos. Un grupo con V_C altos y V_A medio-altos que es el más numeroso con siete LIGTs. Otro grupo con V_C y V_A medio-altos con cuatro LIGTs y, por último, un tercer grupo con V_C bajos y V_A bajos, medios y altos. Estos datos ponen de manifiesto, una vez más, el importante peso del grado del valor integridad y conservación del patrimonio natural de los lugares seleccionados frente a sus V_A .

Figura 8. Correlación entre V_c y V_A 

4. Discusión

La Ruta de los Volcanes emerge como una oportunidad única para posicionar a La Palma como un destino de geoturismo de excelencia. Este itinerario no solo destaca por la variedad y riqueza del patrimonio geográfico, sino también por su capacidad para conectar a los visitantes con el entorno natural de manera profunda y educativa. La promoción adecuada de esta ruta podría generar beneficios significativos, diversificando la oferta turística de la isla y consolidándola como un referente en la valorización del geopatrimonio. En este sentido, el análisis de los resultados obtenidos en esta investigación pone de manifiesto que los LIGTs seleccionados para la isla de La Palma cumplen con criterios adecuados tanto desde la perspectiva científica como desde la turística. La media de los V_c y V_A (0,54) refleja un equilibrio razonable entre los aspectos inherentes a la conservación y el aprovechamiento del patrimonio geográfico, además de la sostenibilidad de su uso turístico. Este equilibrio es esencial en un contexto donde el geoturismo se posiciona como una alternativa real y factible a productos turísticos tradicionales casi siempre asociados al turismo de sol y playa, subrayando la importancia de las áreas volcánicas como elementos claves del geopatrimonio insular.

Se seleccionaron 15 LIGTs y/o paradas siguiendo criterios de representatividad, conservación y accesibilidad utilizados tanto en trabajos internacionales (Costa 2011; Bollatti et al., 2013; Brilha 2014; Bouzekraoui et al., 2017; Quesada-Román & Pérez-Umaña, 2020; Pérez-Umaña et al., 2020; Zangmo Tefogoum et al., 2020); como regionales (Dóniz-Páez et al., 2019; Dóniz Páez & Becerra-Ramírez 2020; Hernández et al., 2022, 2024).

Los resultados obtenidos de la evaluación de los lugares seleccionados en La Palma señalan que ambos valores (V_c y los V_A) tienen puntuaciones medias, esto no implica necesariamente restricciones para el geoturismo de los LIGTs estudiados, aunque su uso no debe ir en contra de la geconservación de los mismos y quizás plantee restricciones en aquellos LIGTs que muestren los V_c más elevados. Ahora bien, dentro de los V_c el criterio de I destaca con una media alta (0,63), mientras que los tres criterios restantes cuentan con puntuaciones situadas en la escala media. Estos datos sugieren que LIGTs y/o paradas están bien conservados y son representativos del patrimonio geográfico de los paisajes de La Ruta de los Volcanes en La Palma. Asimismo, la ausencia de ítems con valoraciones bajas en los V_c refuerza la idea de que los LIGTs y/o paradas están gestionados adecuadamente en términos de sus valores intrínsecos.

En el caso de los V_A los diferentes ítems poseen valoraciones también diferentes. En este sentido, los valores ecológicos poseen la puntuación media más alta (0,77). Este hecho está relacionado con que la mayoría de los LIGTs y/o paradas se encuentran en zonas protegidas y disponen de un patrimonio geográfico que está

conservado. Los valores estéticos y económicos tienen puntuaciones medias de 0,52 y 0,55 respectivamente; en sintonía con la diversidad de gamas de colores, texturas y contrastes topográficos propios del volcanismo basáltico monogénico reciente e histórico en una dorsal volcánica. En el caso de los valores económicos con que se trata de una de las rutas de senderismo más utilizadas por visitantes en la isla. Ahora bien, los valores culturales presentan puntuaciones medias bajas (0,33) asociado con la falta de elementos que conecten estos espacios con aspectos religiosos, históricos o geohistóricos. Esta carencia podría abordarse mediante estrategias que resalten el vínculo entre el patrimonio geográfico y el etnográfico, promoviendo una narrativa más holística que combine aspectos naturales y culturales.

En cuanto a los V_{UG} , se identificaron problemas que, aunque comunes en muchas áreas turísticas, requieren atención específica. La señalización deficiente y la falta de paneles informativos en la mayor parte del recorrido de la Ruta de los Volcanes, limitan la experiencia del visitante y su capacidad para comprender plenamente el valor patrimonial de estos lugares, de ahí que dotar de contenido científico cada uno de los lugares seleccionados también ayudará a mejorar la experiencia del visitante. Este aspecto es especialmente relevante en un contexto donde el geoturismo pretende educar y sensibilizar sobre el patrimonio geográfico vinculado con la gea y su conservación. La mejora de los recursos interpretativos y educativos, como paneles, aplicaciones móviles interactivas o guías especializadas, podría aumentar significativamente el valor percibido de estos lugares y fomentar un geoturismo más consciente y sostenible tanto para visitantes como para la población local.

Cabe destacar que la integración del geoturismo en el desarrollo económico local es una oportunidad que no debe desaprovecharse y que se ha puesto de manifiesto con la reciente erupción del Tajogaite (Dóniz-Páez et al., 2024). La promoción de la Ruta de los Volcanes como un itinerario emblemático de La Palma podría generar beneficios significativos para las comunidades cercanas, fomentando un modelo turístico alternativo que priorice la sostenibilidad y el respeto por el entorno natural. Este modelo podría convertirse en un ejemplo para otros espacios o islas volcánicas que deseen desarrollar su geoturismo de manera responsable, máxime cuando en estos momentos en Canarias y en otros lugares estamos viendo como el modelo turístico imperante comienza a ser discutido al estar alejado de los principios de sostenibilidad e innovación que lleva varios años proponiendo la Organización Mundial del Turismo.

Finalmente, tipo de investigaciones se han desarrollado tanto para espacios volcánicos (Quesada-Román & Pérez-Umaña, 2020) como no volcánicos (Arrad et al., 2020), aunque es cierto que para los primeros los trabajos son todavía escasos. En este sentido, establecer comparaciones de los resultados obtenidos en nuestra investigación con otros lugares de características similares no es del todo concluyente. Esto se debe tanto al reducido número de publicaciones que usan esta metodología para trabajar con el geopatrimonio de espacios volcánicos, como por el diferente tipo de volcanismo de unos lugares y otros. Es evidente que para poder establecer comparaciones y obtener resultados que sean concluyentes se precisaría de más investigaciones en lugares con el tipo de volcanismo más frecuente del planeta (basáltico monogénico) y que hasta el momento no existen. Esto, sin duda, abre una línea de trabajo futuro que incrementaría este tipo de trabajo, perfeccionaría la metodología y permitiría la colaboración con investigadores/as de otras partes del planeta. Establecer comparaciones con geografías geológicamente no eruptivas tampoco aportaría buenos resultados más allá de perfilar aspectos metodológicos. En cualquier caso, lo que sí está claro es que la propuesta metodológica de Reynard y sus colaboradores se muestra como válida para ser implementada en contextos geomorfológicos muy diferentes, siempre y cuando se apliquen las especificidades para cada lugar.

5. Conclusión

El turismo ha experimentado importantes cambios en las últimas décadas, orientados hacia productos turísticos innovadores y sostenibles. Por este motivo, en este trabajo se resalta la importancia del geoturismo a través de la selección de 15 LIGTs y/o paradas en la Ruta de Los Volcanes en La Palma que fuesen representativos del patrimonio geográfico del ámbito de estudio, que estén conservados y accesibles. La Palma es una isla oceánica de origen eruptivo y volcánicamente activa cuya última erupción fue en año 2021. Para la selección de los 15 lugares se aplicó una metodología semicuantitativa (valores científicos, añadidos y de uso y gestión) que se ha mostrado como válida para entornos no volcánicos, pero también para los eruptivos a pesar de las escasas investigaciones. Al implementar este método, además de evaluar el potencial geoturístico y dotar de contenido patrimonial (natural y cultural) a la Ruta de los Volcanes, se genera un documento científico que puede ser una herramienta que facilite la gestión de la Ruta de los Volcanes a través del geoturismo. El patrimonio geográfico natural de los LIGTs y/o paradas abarca desde geoformas volcánicas

(conos volcánicos, coneletes de escorias, hornitos, campos de lapilli, domo-coladas, lagos de lava, lavas pahoehoe, aa y en bloques, tubos volcánicos, jameos, etc.) y no volcánicas (barrancos, acantilados activos y fósiles, plataformas marinas, playas y dunas, etc.). El patrimonio cultural se asocia a elementos arqueológicos, usos tradicionales (cultivos, bancales de piedra o pesca), religión y mitos y leyendas. La evaluación de los V_C y V_A presentan medias similares (0,54). Los valores de uso y gestión indican que es necesario implementar mejoras en la información que proporcionan los LIGTs, pero también minimizar la presión antrópica y/o turística en algunos de ellos para evitar que pierdan sus valores geopatrimoniales; lo que requiere una gestión eficiente por parte de las Administraciones Públicas. La implementación de medidas de gestión que promuevan infraestructuras sostenibles será esencial para garantizar la preservación de estos espacios a largo plazo. Asimismo, es crucial fomentar la participación activa de las comunidades locales en la gestión y promoción de los LIGTs, asegurando que el desarrollo del geoturismo beneficie tanto al entorno natural como a las economías locales.

Contribución de la autoría

- Conceptualización: William Hernández Ramos y Javier Dóniz Páez.
- Curación de datos: William Hernández Ramos y Josué Pérez Pérez.
- Adquisición de fondos: Nemesio M. Pérez.
- Análisis formal: William Hernández Ramos.
- Metodología: William Hernández Ramos, Javier Dóniz Páez y Josué Pérez Pérez.
- Supervisión: Javier Dóniz Páez y Nemesio M. Pérez.
- Visualización: William Hernández Ramos y Javier Dóniz Páez.
- Redacción – borrador original: William Hernández Ramos.
- Redacción – revisión y edición: William Hernández Ramos, Javier Dóniz Páez y Nemesio M. Pérez.

Financiación

Este trabajo ha sido posible gracias al proyecto “VOLTURMAC, Fortalecimiento del volcano turismo en la Macaronesia (MAC2/4.6c/298)”, que co-financia el Programa de Cooperación INTERREG V-A España-Portugal MAC (Madeira-Azores-Canarias) 2014-2020.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a los revisores anónimos sus comentarios y sugerencias que han mejorado la versión final del manuscrito.

Referencias

- Arrad, TY, Errami, E., Ennih, N., Ouajhain, B., Ettachfini, EM, & Bouaouda, M.S. (2020). From geoheritage inventory to geoeeducation and geotourism implications: Insight from Jbel Amsittene (Essaouira province, Morocco). *Journal of African Earth Sciences*, 161, 103656. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103656>
- Barrera Morate, J.L., & García Moral, R. (2011). *Mapa geológico de Canarias*. GRAFCAN.
- Becerra Ramírez, R. (2013). *Geomorfología y Geopatrimonio de los volcanes magmáticos de la región volcánica del Campo de Calatrava* [Disertación doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha]. Repositorio RUldeRA. <https://ruidera.uclm.es/items/b70cabf1-38ec-438b-a64a-5aedc397357c>
- Banco de datos de Biodiversidad de Canarias (BIOTA). (s.f.). Gobierno de Canarias y Unión Europea. <https://www.biodiversidadcanarias.es/biota>
- Bollatti, I., Smiraglia, C., & Pelfini, M. (2013). Assessment and selection of geomorphosites and trails in the Miage Glacier área (Western Italian Alps). *Environ Manag*, 51(4), 951-967. <http://doi.org/10.1007/s00267-012-9995-2>
- Bouzekraoui, H., Barakat, A. Touhami, F., Mouaddine, A., & El Youssi, M. (2017). Inventory and assessment of geomorphosites for geotourism development: a case study of Ait Bou Oulli valley (Central High-Atlas, Morocco). *Area*, 50, 331-343. <https://doi.org/10.1111/area.12380>
- Brilha, J. (2014). Inventory and quantitative assessment of geosite and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 8, 119-134. <http://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>
- Cabildo Insular de La Palma. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial del Gobierno de Canarias. (2011). *Plan Insular de Ordenación de la Isla de La Palma. Memoria de Información*.
- Calvet, F., Perez-Torrado, F. J., Travé, A., Recio, C., Cabrera, M. C., Carracedo, J. C., & Mangas, J. (2005). Origen de los "beachrocks" de la isla de La Palma, islas Canarias. *Vector Plus*.
- Carracedo, J.C., Badiola, E.R., Guillou, H., de la Nuez, J., & Pérez Torrado, F.J. (2001). Geology and volcanology of La Palma and El Hierro, Western Canaries. *Estudios Geológicos*, 57, 175-273. <https://doi.org/10.3989/egol.01575-6134>
- Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). (s.f.). <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home>
- Costa, F. (2011). Volcanic geomorphosites assessment of the last eruption, on April to May 1995, within the natural park of Fogo Island, Cape Verde. *Geojournal of tourism and geosites*, 8(2), 167-177.
- Del Arco Aguilar, M. J. (Ed.). (2006). *Mapa de vegetación de Canarias Memoria General*. Grafcan ediciones. https://www.idecanarias.es/resources/Vegetacion/2006/Memoria_MapaVegetacion.pdf
- Díaz Lorenzo, J. C. (2008). *Los volcanes de La Palma: Una aproximación histórica*. Edit. Gobierno de Canarias.
- Dóniz-Páez, J., & Becerra-Ramírez, R. (2020). Geomorfositos de interés volcano turístico en una montaña subtropical: el Parque Nacional del Teide (Canarias, España). *Pirineos*, 175, e061. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2020.175011>
- Dóniz-Páez, J., Hernández, W., Przeor, M., & Pérez, N. (2019). *Guía geoturística de Tenerife*. (Ed.) Involcan.
- Dóniz-Páez, J., Beltrán Yanes, E., Becerra-Ramírez, R., Pérez, N., Hernández, P., & Hernández, W. (2020). Diversity of volcanic geoheritage in the Canary Islands, Spain. *Geosciences*, 10, 390. <https://doi.org/10.3390/geosciences10100390>
- Dóniz-Páez, J., Becerra-Ramírez, R., Németh, K., Gosálvez, R. U., & Lahoz, E. E. (2024). Geomorfositos de interés geoturístico del volcán monogenético Tajogaite, erupción de 2021 (La Palma, Islas Canarias, España). *Geofísica Internacional*, 63(1), 731-748. <https://doi.org/10.22201/igeof.2954436xe.2024.63.1.1731>
- Dowling R., & Newsome, D. (2018). Geotourism: definition, characteristics and international perspectives. In R. Dowling & D. Newsome (Eds.), *Handbook of Geotourism* (pp. 1-22). Edward Elgar.
- GRAFCAN. (s.f.). Sistema de Información Territorial de Canarias. Gobierno de Canarias. <https://visor.grafcan.es>

- Gobierno de Canarias, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. (2006). *Documento informativo de Normas de Conservación del Monumento Natural de Los Volcanes de Teneguía*.
- Gobierno de Canarias, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. Dirección General de Ordenación del Territorio. (2009). *Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de Cumbre Vieja. Documento Informativo*.
- Hernández, M. (2014). Al volcán Teneguía. *El apurón*. <https://elapuron.com/noticias/opinion/10605/al-volcn-tenegua-2>
- Hernández, W., Dóniz-Páez, J., & Pérez, N.M. (2022). Urban Geotourism in La Palma, Canary Islands, Spain. *Land*, 11, 1337. <https://doi.org/10.3390/land11081337>
- Hernández, W., Dóniz-Páez, J., García-Hernández, R., & Pérez, N. M. (2024). Evaluation of Sites of Geotouristic Interest on Active Volcanic Island La Palma, Spain for Potential Volcanic Tourism. *Geoheritage*, 16(4), 102. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-01006-z>
- Henríquez Perez, G. (2018). *Documento inicial del proyecto Thirty Meter Telescope*. Ayuntamiento de Puntagorda. https://www.puntagorda.es/wp-content/uploads/2017/05/TMT-Documento-Inicial_24.04.17.pdf
- Hose, A. (1995). Selling the story of Britain's stone. *Environmental Interpretation*, 10(2), 16-17.
- Intersindical Canaria, Federación de Salud. (s.f.). <https://intersindicalcanariasalud.org/leyenda-de-mujeres-bregadoras-de-lucha-canaria-juana-la-de-tacande-y-clara-diaz/>
- Kubalíková, L., Drápela, E., Kirchner, K., Bajer, A., Balková, M., & Kuda, F. (2021). Urban geotourism development and geoconservation: Is it possible to find a balance? *Environ. Sci. Policy*, 121, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.03.016>
- Kubalíková, L., Bajer, A., Balková, M., Kirchner, K., & Machar, I. (2022). Geodiversity Action Plans as a Tool for Developing Sustainable Tourism and Environmental Education. *Sustainability*, 14, 6043. <https://doi.org/10.3390/su14106043>
- Luque-Söllheim, A., Máyer Suarez, P., & García Hernández, F. (2024). The digital climate atlas of the Canary Islands: A tool to improve knowledge of climate and temperature and precipitation trends in the Atlantic islands. *Climate Services*, 34, 100487. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2024.100487>
- Martín Bueno, M. (2005). *Estudio ecocartográfico del litoral de la isla de La Palma. Memoria Arqueológica*. Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad. http://pter.cablalpalma.es/ECOCARTOGRAFICO/P02202_AT_ARQUEOLOGIA_MEMORIA.pdf
- Marzol Jaén, V. (2000). El clima. In G. Morales, & R. Pérez (Eds). *Gran Atlas Temático de Canarias*. (pp. 87-106). Interinsular canaria.
- Mateo, E., Martínez-Frías, J., & Vegas, J. (2019). *Lanzarote and Chinijo Islands Geopark: From Earth to Space*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-13130-2>
- Navarro Mederos, J. F. N., Ávila, J. C. G., & Hernández, E. M. (2012). *Cronología y función del poblado de cabañas del Barranco de Las Ovejas, Lomo de Las Casas o Los Corrales (El Paso, Isla de La Palma)*. Coloquios de Historia Canario Americana, Las Palmas de Gran Canaria. <https://revistas.grancanaria.com/index.php/CHCA/article/view/9256>
- ONU Turismo. (2020). *Acercando el mundo*. <https://unwto.org/>
- Ortega Abraham, L. (2007). Bajo el signo del agua: recursos e infraestructuras hidráulicas en una isla de tradición agrícola. In F. Guerra de Paz & A. S. Hernández Gutiérrez (Eds.), *La cultura del agua en La Palma, proyecto y dirección* (pp. 17-28). Gobierno de Canarias, Consejería de Infraestructura, Transportes y Vivienda.
- Padrón González, E. (2008). *Emisión difusa de dióxido de carbono y otros volátiles en el volcán cumbre vieja, La Palma, Islas Canarias*. [Tesis doctoral, Universidad de La Laguna]. TESEO. <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=wGEeTGiydKw%3D>
- Pérez Cruz, J.R. (2019). *Las décimas al volcán de San Juan*. Editorial La Palma Punto y aparte.

- Pérez-Umaña, D., Quesada-Román, A., & Tefogoum, G. (2020). Geomorphological heritage inventory of Irazú volcano, Costa Rica. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 8(1), 31-47. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.12.001>
- Quesada-Román, A. & Pérez-Umaña, D. (2020). Tropical paleoglacial geoheritage inventory for geotourism management of Chirripó National Park, Costa Rica. *Geoheritage*, 12(3), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00485-0>
- Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L., & Scapozza, C. (2007). A method for “assessing” and “additional values” of geomorphosites. *Geogr. Helv.*, 62, 148–158. <https://doi.org/10.5194/gh-62-148-2007>
- Reynard, E., Perret, A., Bussard, J., Grangier, L., & Martin, S. (2016). Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale. *Geoheritage*, 8, 43-60. <http://doi.org/10.1007/s12371-015-0153-0>
- Romero Ruiz, C. (1990). *Las manifestaciones volcánicas históricas del Archipiélago Canario*. [Doctoral thesis, Gobierno de Canarias]. RIULL Repositorio institucional. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/10113>
- Ruiz, J. F. M. (2000). Patrimonio geográfico y organización territorial. *Coloquios de Historia Canario Americana*, 38-45.
- Simancas Cruz, M. R., Hernández Martín, R., & Padrón Fumero, N. (2020). *Turismo pos-COVID-19: Reflexiones, retos y oportunidades*. <https://doi.org/10.25145/b.Turismopos-COVID-19.2020>
- Zangmo Tefogoum, G., Quesada Román, A., & Pérez Umaña, D. (2020). Geomorphosites inventory in the Eboga Volcano (Cameroon): contribution for geotourism promotion. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 26(1), 19-33. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.14006>
- Ziem à Bidias, L., Ilouga, D., Moundi, A., & Nsangou, A. (2020). Inventory and assessment of the Mbepit Massif geomorphosites (Cameroon Volcanic Line): Assets for the development of local geotourism. *Geoheritage*, 12, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00471-6>

La campiña atlántica vasca: gestión, protección y ordenación de su paisaje

The Basque Atlantic countryside: landscape protection, management and planning

AUTORÍA

Galder Mentxaka Goñi 

Departamento de Geografía, Prehistoria y
Arqueología, UPV/EHU, España.

Nagore Dávila Cabanillas 

Departamento de Geografía, Prehistoria y
Arqueología, UPV/EHU, España.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.28278>

CITACIÓN

Mentxaka Goñi, G. & Dávila Cabanillas, N. (2025). La campiña atlántica vasca: gestión, protección y ordenación de su paisaje. *Investigaciones Geográficas*, (84), 169-187. <https://doi.org/10.14198/INGEO.28278>

CORRESPONDENCIA

Nagore Dávila Cabanillas
(nagore.davila@ehu.es)

HISTORIA

Recibido: 20 septiembre 2024
Aceptado: 27 diciembre 2024
Publicado: 23 julio 2025
(Publicación anticipada: 10 febrero 2025)

TÉRMINOS

© 2025 Galder Mentxaka Goñi, Nagore Dávila Cabanillas

 Este trabajo se publica bajo una
licencia Creative Commons de Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

El paisaje de campiña atlántica del País Vasco, caracterizado por su clima húmedo y un mosaico de prados, pastos, cultivos y bosques, se está deteriorando debido a la crisis del sector agroganadero. Dado el reconocimiento de los valores asociados a este tipo de paisaje, como la biodiversidad y el patrimonio cultural, el presente estudio examina su gestión paisajística a través de la planificación territorial. Se ha empleado una metodología cualitativa de enfoque inductivo, basada en el análisis de dos casos de estudio. Se centra en las Áreas Funcionales (AAFF) de Igorre-Arratia y Donostialdea-Bajo Bidasoa de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) para identificar diferencias interpretativas y proponer mejoras. Los resultados revelan la falta de una metodología unificada y la interpretación libre del Decreto Vasco del Paisaje (2014), lo cual ha provocado que se establezcan criterios dispares en la gestión de este paisaje agrario. El estudio identifica deficiencias y propone una visión renovada, enfocada en el concepto de patrimonio paisajístico. Debe reducirse el enfoque proteccionista y abarcar todos los paisajes, más allá de aquellos con valores excepcionales, fomentando una gestión más coherente y equilibrada, capaz de integrar los valores territoriales, ecológicos, culturales y económicos de la campiña atlántica vasca.

Palabras clave: campiña atlántica; prados; determinaciones de paisaje; gestión, ordenación y protección; Igorre-Arratia; Donostialdea-Bajo Bidasoa; Comunidad Autónoma del País Vasco.

Abstract

The landscape of the Atlantic countryside in the Basque Country, characterized by its humid climate and a mosaic of meadows, pastures, crops and forests, is deteriorating due to the crisis in the agricultural and livestock sector. Given the recognition of the values associated with this type of landscape, such as biodiversity and cultural heritage, this study examines its landscape management through territorial planning. A qualitative methodology with an inductive approach has been used, based on the analysis of two case studies. It focuses on the Functional Areas of Igorre-Arratia and Donostialdea-Bajo Bidasoa of the Autonomous Region of the Basque Country to identify different interpretations and propose improvements. The results reveal the lack of a unified methodology and the free interpretation of the Basque

Landscape Decree (2014), which has given rise to the establishment of disparate criteria in the management of this agricultural landscape. The study identifies deficiencies and proposes a renewed vision, focused on the concept of landscape heritage. The protectionist approach should be reduced and all landscapes must be covered, not only those with exceptional values, promoting a more coherent and balanced management, capable of integrating the territorial, ecological, cultural and economic values of the Basque Atlantic countryside.

Keywords: Atlantic countryside; meadows; landscape determinations; management, planning and protection; Igorre-Arratia; Donostialdea-Bajo Bidasoa; Autonomous Community of the Basque Country.

1. Introducción

El concepto del paisaje en el ámbito de la Geografía abarca varias dimensiones y se le atribuyen múltiples definiciones. Cabe señalar que el paisaje es la combinación de elementos y la interacción de procesos que aparecen en una parte determinada del territorio, donde los elementos no son percibidos individualmente, sino como el resultado global de todos ellos (Aguilera et al., 2007). Haciendo especial alusión a la percepción, el Convenio Europeo del Paisaje (CEP) se define como cualquier parte del territorio tal y como la población lo percibe, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos, dando importancia al componente subjetivo. En cualquier caso, si el paisaje es el espacio visible del territorio, el paisaje agrario, objeto de este estudio, puede considerarse como el resultado visual de la actividad agraria en el territorio.

Desde la prehistoria, el ser humano se ha adecuado al medio físico para asegurar su supervivencia, y a su vez, ha ido modelando el mismo, con más o menos fuerza según la época histórica y con los medios a su alcance, adaptándose a diferentes contextos. A través de la agricultura, la ganadería y la silvicultura, y a lo largo de miles de años, se ha gestionado y fragmentado el espacio, estableciendo usos y construyendo elementos en él, lo que ha estructurado el territorio y configurado diversos tipos de paisajes. Por consiguiente, los paisajes agrarios aparecen como el resultado físico de la actividad de las sociedades tradicionales y de las comunidades rurales actuales, de la adaptación al medio físico y de la explotación de la naturaleza, en un largo y complejo proceso en el que se han dado continuas transformaciones. En los dos últimos siglos, en una proporción cada vez mayor, se han ido transformando de forma más rápida para obtener rentas monetarias y abastecer tanto a la industria como a la sociedad de consumo, unas veces manteniendo la actividad agraria y en otras recibiendo nuevos usos residenciales, turísticos o industriales. Todo ello ha propiciado más bien un paisaje rural que un paisaje agrario estrechamente ligado a la actividad agraria (Fernández, 2019).

El concepto polisémico del paisaje hace que los paisajes agrarios también adquieran otras dimensiones en la medida en que aportan una serie de beneficios de diversa índole. Los paisajes agrarios, además de ser lugares de producción agrícola que se representan en el territorio, son funcionales y están vinculados al modo de vida rural, entendiéndose como un espejo del modo de vida y costumbres de las comunidades rurales, en esa relación entre la naturaleza y el humano. Diferentes expertos en la materia se han referido a este tipo de paisajes como multifuncionales, en sus distintas complejidades y dimensiones, por los múltiples valores que se les atribuyen. Son importantes desde el punto de vista del patrimonio territorial (Silva, 2009 & 2022; Estefanía, 2021; Mata & Requejo, 2022), por el valor ecológico que guardan y su aportación a la biodiversidad (Wehn et al., 2018; López, et al., 2024) o por el valor psicológico y económico (Ormaetxea & Sáenz de Olazagoitia, 2018). Desde el punto de vista económico y entendiéndolo como producto de consumo, en las últimas décadas se han convertido en un activo importante para el turismo y/o el desarrollo rural, debido a su impacto positivo en el bienestar y la calidad de vida (Fernández, 2019).

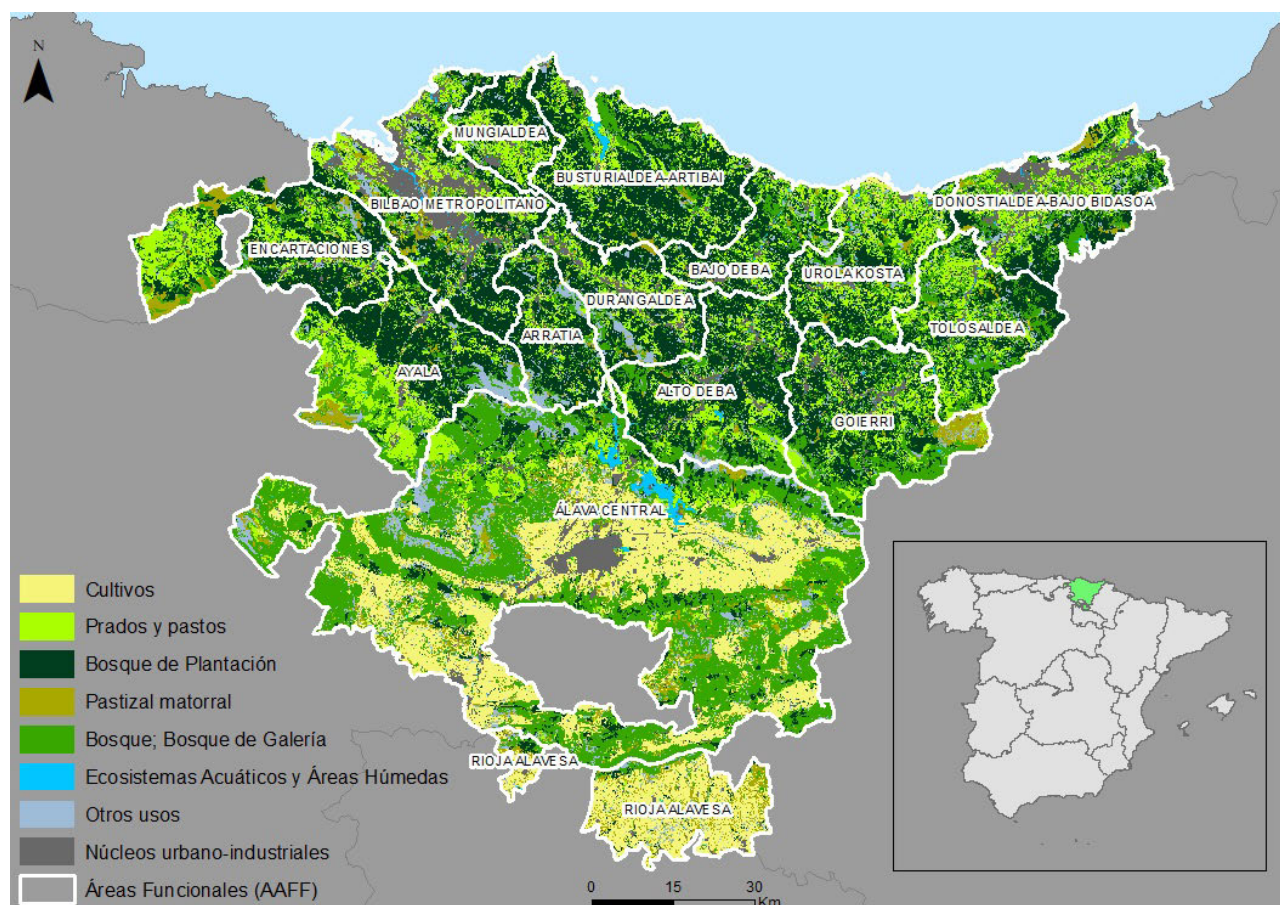
Además, en esa representación de la interacción entre el ser humano y el medio ambiente a lo largo del tiempo, los paisajes agrarios aportan un sentido de identidad y afinidad cultural. La diversidad y complejidad de los paisajes agrarios, junto con sus elementos (hábitat, cultivos, lindes, parcelas, etc.) y las formas que adopta en el territorio, se convierten en elementos de identidad local (Mata, 2004). Esto fortalece el vínculo de la población con su territorio, desarrollando un sentido de pertenencia local (*sensu loci*) (Antrop, 2005).

1.1. El paisaje de la campiña atlántica vasca: evolución y desafíos

En el caso vasco, el paisaje de campiña atlántica domina la zona rural de la vertiente cantábrica, definido por su clima húmedo y por la estructura del hábitat disperso. Este paisaje, denominado por Ruiz y Galdós (2013) como el “paisaje del caserío vasco”, se compone con un mosaico de prados, cultivos y bosques gestionado por el propio caserío, estructura básica de gestión de este paisaje (Ainz, 2000). Los prados son considerados

como los elementos más representativos de los paisajes de la campiña atlántica, y es que, el equilibrio entre temperatura y precipitación, ayudado por un sustrato litológico apropiado, favorece la aparición de éstos durante todo el año en las zonas bajas y medias de los valles (Fernández, 2019).

Figura 1. Diversidad paisajística a través de los usos del suelo en la Comunidad Autónoma del País Vasco



Fuente: Cartografía del Inventario Forestal de la Comunidad Autónoma del País Vasco, geoEuskadi, 2022. Elaboración propia

No obstante, la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) se distingue por la gran diversidad paisajística y los usos del suelo son el reflejo de la misma, manifestando la interacción entre las características naturales y las actividades humanas que moldean el territorio vasco (Figura 1). Con una superficie de solo 7.300 km², esta región alberga una sorprendente variedad de paisajes, que van desde el atlántico hasta el mediterráneo. En menos de dos horas de carretera, es posible observar los verdes intensos de los prados y los tonos oscuros casi negros de los pinares de repoblación en los valles atlánticos. A lo largo del recorrido, se perciben también los amplios campos cerealistas de las comarcas centrales de Álava, hasta alcanzar los viñedos de la depresión del Ebro (Ruiz & Galdós, 2008). No obstante, la CAPV se ha consolidado como una región de fuerte carácter urbano e industrial, resultado de un intenso proceso de desarrollo durante la industrialización del siglo XIX. Esta transformación impulsó un rápido crecimiento de la actividad económica, centrada en la siderurgia, la minería y el sector naval, que atrajo a gran parte de la población hacia las áreas urbanas. A medida que las industrias y las ciudades se expandían, comenzaron a ocupar los suelos fértiles de los valles, que tradicionalmente se destinaban a la agricultura y la ganadería. Este proceso de urbanización e industrialización supuso un cambio significativo en el uso del suelo, desplazando las actividades rurales hacia las zonas más elevadas o menos accesibles y marcando el paisaje vasco con un contraste entre la modernidad industrial y sus antiguas tradiciones agrarias. Hoy en día, el medio rural vasco sigue sufriendo grandes presiones urbanísticas, impulsadas por usos urbano-residenciales y por otros usos relacionados con el transporte, lo que añade un desafío adicional a la conservación de sus paisajes rurales.

Asimismo, el actual contexto socioeconómico global y complejo hace que algunas regiones rurales de Europa se encuentren en un estado de decadencia, y junto a ellas, las praderas naturales y seminaturales que participan en estos mosaicos de campiña atlántica. Según algunos expertos, debido a la crisis de

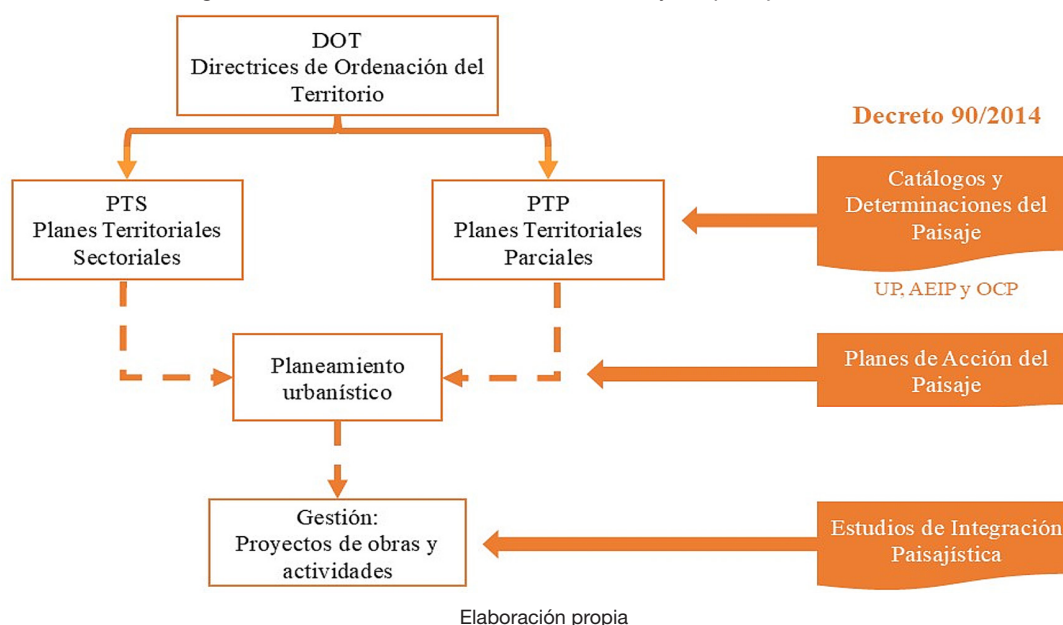
la ganadería tradicional, la extensión de prados y pastizales ha retrocedido, en favor del matorral y del bosque (Agnoletti, 2007; Ruiz & Galdos, 2013; Alberdi, 2018). El abandono de la actividad, unido a la presión urbanística, ha influido de forma significativa en la degradación del paisaje de la campiña atlántica vasca, favoreciendo la simplificación de los usos del suelo (Ormaetxea & Sáenz de Olazagoitia, 2018) y agravando la pérdida de diversidad paisajística, mientras buena parte de los prados sufre un proceso de matorralización y se extiende el paisaje de maleza (Alberdi, 2018).

1.2. El paisaje como patrimonio y recurso: su protección en el marco normativo europeo y de la CAPV

En los últimos años ha aumentado el interés de las administraciones y de la sociedad por la conservación y puesta en valor del paisaje como elemento esencial del patrimonio natural y cultural, como recurso favorable para la actividad económica y como factor beneficioso de bienestar y personalidad humana (Cano Suñen, 2006; Mata & Sanz, 2014; Delgado, 2017; Gurrutxaga & Porcal, 2019). A la vista de las dimensiones que adquiere el paisaje y de su influencia en múltiples ámbitos, en los últimos tiempos ha aparecido con fuerza en los instrumentos de la ordenación territorial, en la legislación y en la agenda política. Sin embargo, este interés creciente se debe mayormente al CEP, que considera el paisaje como un elemento de interés general, estableciendo bases teórico-jurídicas y fijando una normativa general. De esta manera, los Estados miembro de la Unión Europea reconocen *de facto* que el paisaje es un elemento indispensable para el bienestar individual y colectivo y que también tiene un impacto positivo en el desarrollo territorial y en la actividad económica. Asimismo, reconocen la necesidad de implantar las medidas necesarias para su protección, gestión y ordenación.

De la misma manera, el marco jurídico-legislativo de la CAPV también se basa en el CEP para desarrollar el Decreto 90/2014, de 3 de junio, sobre protección, gestión y ordenación del paisaje en la ordenación del territorio. En este sentido, se asume el compromiso de trabajar el paisaje a través de diversos instrumentos de planificación territorial. El Decreto 90/2014 establece una serie de instrumentos específicos para la protección, gestión y ordenación del paisaje, los cuales están alineados con la estructura jerárquica de la planificación territorial en la CAPV. Estos instrumentos se organizan de manera coherente con el sistema en cascada que caracteriza la planificación territorial vasca, permitiendo una integración progresiva del paisaje en diferentes niveles de planificación (Figura 2).

Figura 2. Estructura de la ordenación territorial y del paisaje de la CAPV



En primer lugar, los Catálogos del paisaje cumplen la función de documento descriptivo y prospectivo, identificando, clasificando, valorando y cartografiando los paisajes dentro del Área Funcional¹ (AF). El Decreto, en su artículo cuatro, establece cómo deben identificarse las Unidades de Paisaje (UP), las Áreas de Especial Interés Paisajístico (AEIP), así como los Objetivos de Calidad de Paisaje (OCP). La identificación de las UP

¹ Demarcación para desarrollar la planificación territorial a escala subregional, Planes Territoriales Parciales (PTP).

es un proceso fundamental en la elaboración de los Catálogos del paisaje, que busca delimitar y caracterizar áreas territoriales homogéneas. Estas unidades se definen a partir de cuencas visuales y texturas paisajísticas. Las cuencas visuales se conciben como espacios que comparten características similares en términos de visibilidad, lo que permite entender cómo se perciben desde diferentes puntos de observación. Por otro lado, las texturas paisajísticas se refieren a las cualidades perceptivas del paisaje, determinadas por la interacción de sus elementos naturales y humanos. Una vez establecidas las unidades de paisaje, se procede a la identificación de las AEIP. Estas áreas se seleccionan en función de varios criterios que destacan su relevancia. En primer lugar, se consideran aquellos paisajes que son singulares, frágiles o representativos, es decir, que se encuentran en riesgo o son raros. Además, se presta atención a las zonas que han sufrido deterioro o degradación, como las periferias urbanas, las áreas de transición entre lo urbano y lo rural, las riberas de los ríos o las zonas industriales. Otro criterio importante es la visibilidad, ya que se priorizan aquellas áreas que son claramente perceptibles para la población. También se evalúa la contribución de estas áreas a la identidad del AF y se valoran sus cualidades sobresalientes en términos estéticos y perceptivos, que resultan de la interacción entre sus componentes naturales y humanos. Y, finalmente, se definen los OCP que son fundamentales para guiar las acciones de protección, gestión y/u ordenación del paisaje, ya que establecen una visión clara de lo que la colectividad considera importante preservar o mejorar. La consecución de estos objetivos puede implicar la identificación de actividades, usos y procesos que han influido en la configuración actual del paisaje, así como la localización de las rutas y lugares desde los que se puede apreciar de manera significativa.

Por otro lado, el Decreto establece tres estrategias de intervención que se recogen en el CEP en cuanto a protección, gestión y ordenación se refiere. Cabe recordar que, por un lado, las medidas de protección son acciones dirigidas a la conservación y mantenimiento de los aspectos significativos o característicos del paisaje. Por otro lado, las medidas de gestión se entienden como acciones dirigidas a garantizar el mantenimiento regular del paisaje, orientadas a guiar las transformaciones que los procesos sociales, económicos o ambientales pueden provocar. Y, por último, las medidas de ordenación incluyen acciones de carácter prospectivo de mejora, restauración o creación de paisajes. Estas tres ramas estratégicas aparecen como medios para alcanzar los OCP, concepto que también formula el CEP como aspiración de la población en relación a las características paisajísticas de su entorno.

Aunque no se dispone de una zonificación genérica para estos elementos, debido a la ausencia de directrices de paisaje para la CAPV más allá del documento normativo, es importante destacar el objetivo relacionado con el medio rural que se menciona en el Decreto. En particular, el tercer objetivo del artículo 2 se refiere al mantenimiento, mejora y restauración de los paisajes en el ámbito rural. Asimismo, es fundamental señalar que cada AF contará con su propio Catálogo, lo que implicará la delimitación propia en cada área de las UP, las AEIP y los OCP. En consecuencia, en el Plan Territorial Parcial (PTP) correspondiente al AF, documento de planificación territorial a escala subregional, se desarrollarán las Determinaciones necesarias para impulsar estos objetivos. Por consiguiente, la casuística puede ser muy diversa y es importante conocer cómo se está ordenando, gestionando o protegiendo el paisaje de campiña atlántica vasca a través de cada una de estas Determinaciones en las diferentes AAFF.

Atendiendo a todo ello, y teniendo en cuenta que a partir del Decreto 90/2014 de la CAPV el paisaje debe ser protegido, gestionado y ordenado en el marco de la planificación territorial, en este trabajo se analizan y comparan los Catálogos y las Determinaciones del Paisaje de dos AAFF, con el fin de conocer cómo se está gestionando el paisaje de la campiña atlántica vasca en el marco de la planificación territorial y proponer líneas de mejora que optimicen su gestión efectiva. Los objetivos de este trabajo, por tanto, se sitúan jerárquicamente del siguiente modo:

- a. Analizar la presencia de la campiña atlántica, así como de los prados en la identificación, caracterización y evaluación del paisaje en dos Áreas Funcionales, para valorar su consideración en la planificación territorial.
- b. Examinar y valorar el tipo de intervención en la campiña atlántica y las estrategias aplicadas en cuanto a protección, ordenación y gestión.
- c. Proponer nuevas líneas de actuación que mejoren la gestión del paisaje agrario y faciliten su adaptación a la situación actual de decadencia.

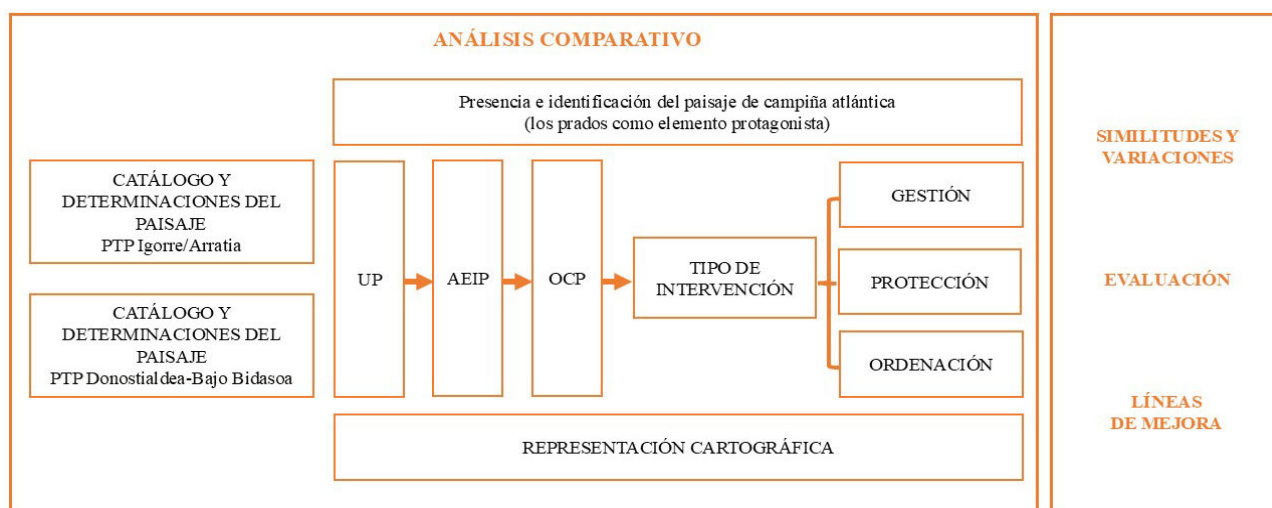
2. Metodología: casos de estudio

Para llevar a cabo este estudio, se ha empleado una metodología cualitativa de enfoque inductivo, basada en el análisis de dos casos de estudio (Figura 3). En particular, se han examinado los Catálogos y las Determinaciones del Paisaje incluidas en dos Planes Territoriales de ámbito subregional de la CAPV. Se ha

puesto especial enfoque en la delimitación, caracterización y valoración de las AEIP y de los OCP establecidos para dos AAFF.

Se presentan dos casos de estudio con el fin de contrastar la estructura del correspondiente marco administrativo del paisaje y las propuestas que se presentan en dichos documentos. Para la selección de las AAFF se han establecido dos criterios fundamentales. Por un lado, era necesario que tuvieran el Catálogo y las Determinaciones del Paisaje aprobadas y publicadas. Por otro lado, otro requisito necesario era que los territorios mostrarán un carácter paisajístico de campiña atlántica, donde los prados conformarán un elemento indispensable. Son cinco las Áreas Funcionales (AAFF) que han aprobado la modificación del Plan Territorial Parcial (PTP) para incluir las Determinaciones del Paisaje. Rioja Alavesa se descarta debido a la inexistencia de este tipo de paisaje. Se ha optado por las AAFF de Igorre-Arratia y Donostialdea-Bajo Bidasoa por ser las más recientes en cuanto a su año de aprobación, lo que permite analizar los enfoques más actuales en la gestión del paisaje. En el caso de Igorre-Arratia las Determinaciones del Paisaje que modificaban el PTP se aprobaron por Decreto en enero del 2023 (Decreto 17/2023) y las relativas a Donostialdea-Bajo Bidasoa fueron aprobadas en septiembre de 2020 (Decreto 154/2020). Aunque el AF de las Encartaciones y Urola Kosta también presentan paisajes de campiña con prados, las seleccionadas ofrecen una representatividad suficiente para el objetivo del estudio y permiten abordar con profundidad los aspectos clave de la gestión del paisaje, evitando la dispersión en el análisis. Así, se asegura una comparativa robusta y centrada en los casos más actuales y relevantes en términos de planificación territorial y paisajística.

Figura 3. Esquema metodológico²



Elaboración propia

El análisis comparativo se ha abordado tomando como punto de partida las figuras que el Decreto del Paisaje establece para su caracterización, descripción y aspiración. Es decir, se comparan fundamentalmente las formas y espacios que adoptan las AEIP y los OCP relativos al paisaje agrario, analizando la interpretación y justificación que se realiza sobre estas. Por otro lado, se representan cartográficamente las áreas que adquieren estas dos figuras para observar en qué medida coinciden con las zonas ocupadas por el paisaje de campiña atlántica. Finalmente, se comparan las medidas de actuación que se les aplican y cómo se orientan en materia de intervención. A partir de aquí, se identifican las semejanzas y variaciones, tanto en estructura como en contenido, de las Determinaciones relacionadas con el paisaje agrario.

2.1. Contraste entre los paisajes agrarios de Igorre-Arratia y Donostialdea-Bajo Bidasoa: relieve, usos del suelo y procesos de urbanización

El AF de Igorre-Arratia (Bizkaia), situada en el interior de la vertiente atlántica y adentrada en la montaña, se extiende a través de un sistema de valles y montes. Este carácter de relieve con fuertes pendientes y la existencia de estrechas llanuras fluviales en el fondo del valle es lo que condiciona la presencia de los prados, que ocupan el 7,87% del territorio. Los prados aparecen cerca de los núcleos urbanos y rurales, principalmente siguiendo los ejes fluviales y dispersos a lo largo de una matriz de bosque. En Donostialdea-Bajo Bidasoa (Gipuzkoa) se presenta en cambio un relieve más propicio para el desarrollo de la actividad agraria. De hecho, los prados se

² UP: Unidades de Paisaje; AEIP: Áreas de Especial Interés Paisajístico; OCP: Objetivos de Calidad Paisajística.

extienden por los suaves valles de la comarca, ocupando aproximadamente el 19% del territorio. El paisaje de campiña atlántica muestra aquí manchas forestales más limitadas, acompañadas de un hábitat más disperso, donde se pueden encontrar elementos de la ciudad por doquier. En cualquier caso, aunque mantienen algunos elementos en común, muestran a su vez realidades diferentes: Igorre-Arratia, además de mostrar un relieve más montañoso, mantiene un carácter más rural, con pequeños núcleos de población y con alguna ciudad pequeña como Lemoa o Igorre. Donostialdea-Bajo Bidasoa en cambio, se caracteriza por albergar la capital provincial (Donostia-San Sebastián) y un área metropolitana a su alrededor, lo que le convierte en un territorio más urbano. Por ello, es preciso salvar las distancias entre los dos territorios, ajustándose a la comparativa entre la manera de abordar los paisajes agrarios en las Determinaciones del Paisaje relativas a cada AF.

2.2. Divergencias en la estructura normativa

Ambos documentos muestran la misma estructura normativa (Tabla 1): primero delimitan las UP, para posteriormente establecer las AEIP y los OCP. Cabe destacar que en ambos documentos las UP no se contemplan como unidades de intervención. Para ello se establecen las figuras de las AEIP y los OCP, áreas más precisas de actuación, caracterizadas por su singularidad, fragilidad o aspiración y que se desarrollan en los Catálogos y en las Determinaciones respectivamente. Sin embargo, la aproximación que se hace hacia estas figuras es un tanto distinta. En Igorre-Arratia las AEIP se desarrollan al margen de las UP, creando nuevos espacios delimitados donde después se aplicarán los OCP. Por el contrario, en Donostialdea-Bajo Bidasoa algunas UP se transforman directamente en AEIP según el tipo de intervención aplicada, en lugar de basarse en los criterios establecidos por el Decreto de Paisaje de la CAPV. Asimismo, los OCP se establecen en esta AF independientemente a las AEIP. Esta casuística ha dificultado la identificación clara de las unidades o áreas que tienen un impacto directo en este estudio y ha supuesto la necesidad de un análisis más minucioso para poder determinar con precisión cómo se gestiona el paisaje de campiña o el paisaje agrario en general a partir de estas determinaciones. Con todo ello, en Igorre-Arratia, la delimitación de las unidades de trabajo ha sido clara desde el comienzo; sin embargo, en Donostialdea-Bajo Bidasoa no ha sido posible identificar con precisión y en un principio las unidades que afectan a este estudio.

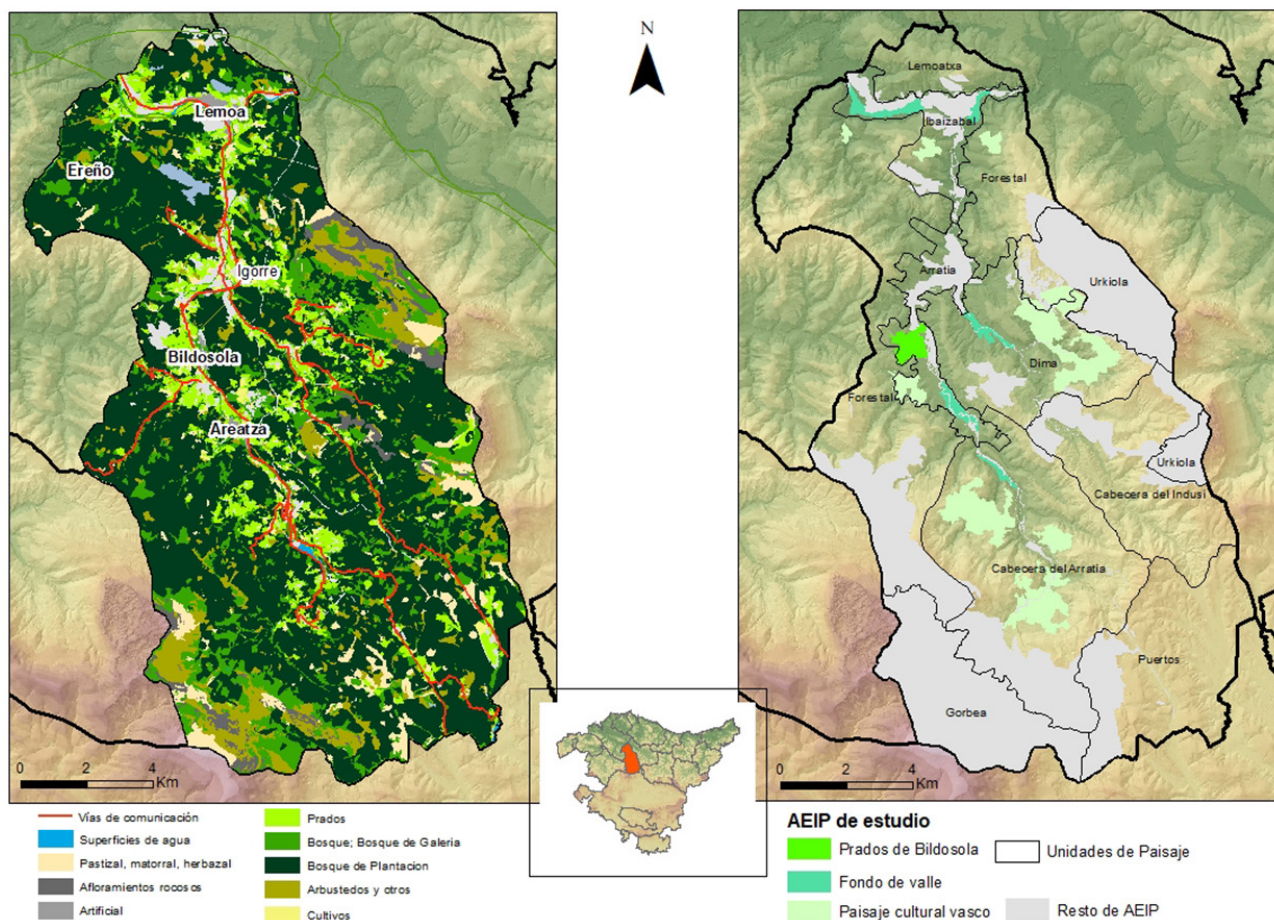
Tabla 1. Estructura normativa de las Determinaciones de Paisaje

DETERMINACIONES DE IGORRE-ARRATIA		DETERMINACIONES DE DONOSTIALDEA-BAJO BIDASOA	
Artículo 1. Objeto de las determinaciones del paisaje		Artículo 1. Objeto de las determinaciones del paisaje	
Artículo 2. Unidades del Paisaje (UP)		Artículo 2. Unidades del Paisaje (UP)	
Artículo 3. Áreas de Especial Interés Paisajístico (AEIP)		Artículo 3. Áreas de Especial Interés Paisajístico (AEIP)	
UNIDADES DE ESTUDIO			
UP	AEIP	UP	AEIP
Cabecera del Arratia	Paisaje cultural vasco	Rías y marismas	1. Ría del Oria 2. Rías y Marismas del Bidasoa
Dima	Paisaje cultural vasco Fondo valle agrario	Elevaciones secundarias	3. Montes de Santiagomendi
Bosque	Paisaje cultural vasco	Relieves alomados del prelitoral	No hay AEIP en esta unidad.
Rio Arratia	Paisaje cultural vasco Fondo valle agrario Prados de Bidosola	Laderas y valles de piedemonte	No hay AEIP en esta unidad.
Rio Ibaizabal	Paisaje cultural vasco Fondo valle agrario Prados de Bidosola	Montañas interiores	4. Monte Adarra y Valle de Leitzaran 5. Montes del Añarbe 6. Peñas de Aia
		Bahías y áreas urbanas del litoral	7. Bahía de Txingudi 8. Cinturón periférico de Donostia-San Sebastián 9. Bahía de Donostia
		Alineaciones costeras	10. Mendizorrotz (costa de Igeldo) 11. Montes Jaizkibel-Ulía (costa) 12. Montes Jaizkibel-Ulía (interior)
		Corredores	13. Corredor del Bajo Oria 14. Corredor del Bajo Urumea 15. Corredor y área urbana de Irún
Artículo 9. Determinaciones relativas a los usos ganaderos y agrarios		Artículo 11. Determinaciones referentes a la preservación del paisaje ligado a los usos agroganaderos (OCP7)	

Fuente: Departamento de Vivienda y Agenda Urbana, [Gobierno Vasco](#); Departamento de Urbanismo y Relación con otras Administraciones, [Diputación de Bizkaia](#). Elaboración propia

En el Catálogo de Igorre-Arratia se han identificado diez UP, de las cuales en cinco se han encontrado AEIP que afectan al paisaje de campiña que se está analizando (Figura 4). Por un lado, se recoge el “paisaje cultural vasco” como paisaje tradicional que guarda un equilibrio entre prados, pastos, huertas, setos, barrios rurales y manchas boscosas. En segundo lugar, se define el área de “fondo de valle agrícola”, que se aborda desde una perspectiva productiva, a la hora de identificarlo como reserva de suelos fluviales y de alta capacidad agraria. Finalmente, los prados de Bildosola (Artea) se identifican como un paisaje rural único, destacando la armonía entre los edificios tradicionales, la importancia del ganado vacuno y equino, y las manchas de robledal de fondo de valle. Como se indica en el Catálogo, estos tres paisajes agrarios recogen excelentes rasgos perceptivos y estéticos.

Figura 4. Usos del suelo, principales núcleos de población y vías de comunicación, Unidades de Paisajes y Áreas de Especial Interés Paisajístico en el Área Funcional de Igorre-Arratia



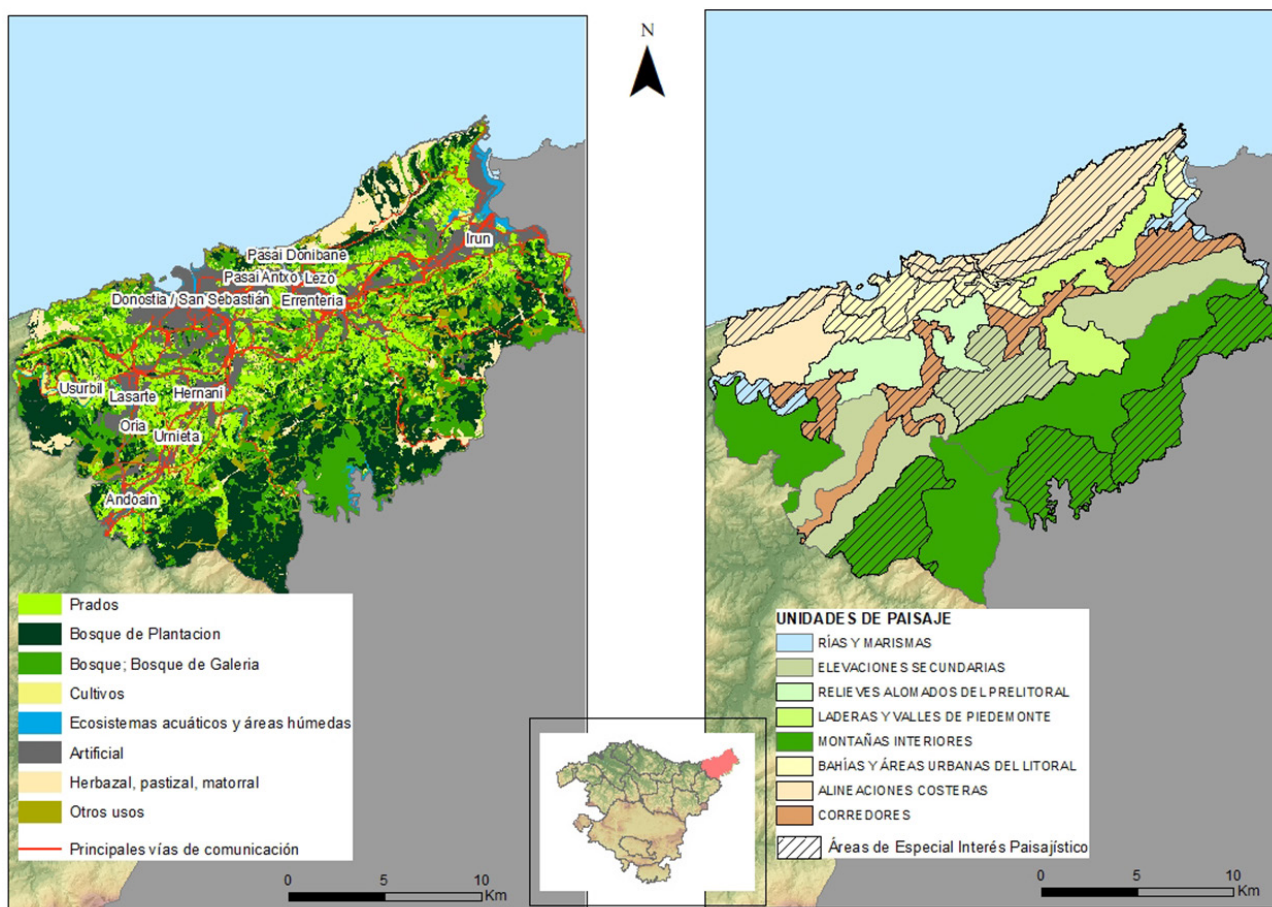
Fuente: Cartografía del Inventario Forestal de la CAPV 2022 y del Catálogo y Determinaciones del Paisaje de Igorre-Arratia, geoEuskadi. Elaboración propia

En el caso del AF de Donostialdea-Bajo Bidasoa se ha tenido que profundizar en el análisis de los documentos para descubrir la estructura que presentaban sus Determinaciones del Paisaje. Aquí, se distinguen 29 UP (agrupadas en la tabla 1 y en la figura 5), de las cuales 15 han sido identificadas como AEIP, de modo que, la figura de las AEIP se limita al mismo marco y espacio físico que las UP. Por un lado, se identifican las AEIP propuestas para restauración, mejora o transformación, y, por otro lado, las propuestas para la protección y puesta en valor. Por tanto, en esta AF las AEIP se tratan con un enfoque de intervención y no de estructura paisajística, como se ha visto en el caso anterior. Es decir, se fija un tipo de intervención generalizado para todas las AEIP y para todos los diferentes tipos de paisajes que podemos encontrar en la misma, ya sea agrario, forestal, urbano, etc., lo cual dificulta la relación con los OCP y su interpretación por la gran superficie y complejidad de las mismas. Así pues, entre las AEIP no existe ninguna con un área específica delimitada que haga referencia directa a los paisajes agrarios ni a los prados, por mucho que existan dentro de ellas.

La representación cartográfica ha sido fundamental y ha facilitado significativamente el análisis. Se han incorporado las zonas de prados que evidencian la presencia de la campiña atlántica, permitiendo así analizar

la relación entre la distribución espacial del paisaje de campiña y la cartografía disponible. Para ello, se ha utilizado la capa del Inventario Forestal (2022) proporcionada por el servicio de datos espaciales de geoEuskadi.

Figura 5. Usos del suelo, principales núcleos de población y vías de comunicación, Unidades de Paisajes y Áreas de Especial Interés Paisajístico en el Área Funcional de Donostialdea-Bajo Bidasoa



Fuente: Cartografía del Inventario Forestal de la CAPV 2022 y del Catálogo y Determinaciones del Paisaje de Donostialdea-Bajo Bidasoa, geoEuskadi. Elaboración propia

Finalmente, con todos los datos recopilados y analizados, se ha efectuado una comparación teórica y gráfica de las Determinaciones del Paisaje de las dos AAFF, para posteriormente realizar un diagnóstico de la situación de la planificación del paisaje agrario y poder extraer conclusiones sobre su situación, así como, proponer nuevos enfoques de gestión que definan nuevas líneas de actuación (Figura 3).

3. Resultados

Los resultados obtenidos tras el análisis muestran un planteamiento dispar en relación con cómo integrar la planificación y la gestión del paisaje en las políticas territoriales. Como se expondrá en este apartado, los patrones de identificación, de caracterización o de evaluación y las pautas seguidas para proponer medidas que se establecen para la gestión del paisaje agrario divergen entre sí.

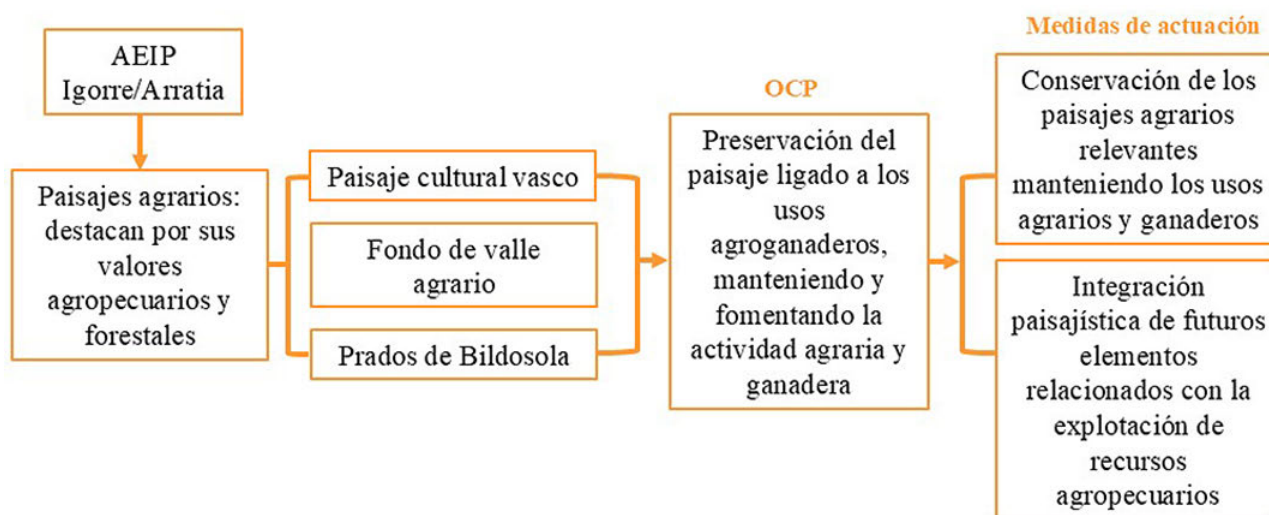
3.1. Medidas de actuación en Igorre-Arratia

Tal y como se ha adelantado en el anterior apartado de metodología, para esta AF se han identificado tres AEIP que son de interés para este estudio: paisaje cultural vasco, fondo de valle agrario y los prados de Bildosola. Las AEIP se gestionan con los OCP (Figura 6). Entre estos últimos, se establece un objetivo de protección de los paisajes ligados a los usos agroganaderos (7. OCP), cuyo medio es el mantenimiento y fomento de la actividad agropecuaria en beneficio del mosaico de prados, pastos, setos, cañadas, muros, cultivos y manchas de frondosas. Este objetivo se aplica a los dominios de los mosaicos agrarios forestales y de los valles atlánticos a través de dos medidas para combatir la homogeneización del paisaje local, el

declive de la actividad tradicional o la fragmentación del paisaje, entre otros. Las medidas de actuación que el objetivo establece son las siguientes:

- Conservación de paisajes agrarios sobresalientes, manteniendo los usos agropecuarios.
- Integración paisajística de los elementos ligados a la explotación de los recursos agropecuarios.

Figura 6. Esquema de la estructura de las Determinaciones del Paisaje en Igorre-Arratia



Elaboración propia

La primera medida hace referencia a las áreas para la conservación de los paisajes agrarios (Figura 7). La segunda, sin embargo, no especifica el ámbito de aplicación, por lo que se entiende que es una medida a aplicar en todas las AEIP agraria. Además, esta segunda medida puede calificarse de ordenación, ya que se refiere a la integración de elementos ligados a la explotación que puedan tener un impacto paisajístico, ya sean invernaderos, pabellones o granjas. Así, por un lado, se propone la protección de los paisajes agrarios sobresalientes manteniendo los usos del suelo agrario, asumiendo implícitamente la necesidad de la actividad agraria como creadora y guardiana del paisaje. Por otro lado, se menciona de forma muy genérica la necesidad de realizar mejoras en las AEIP.

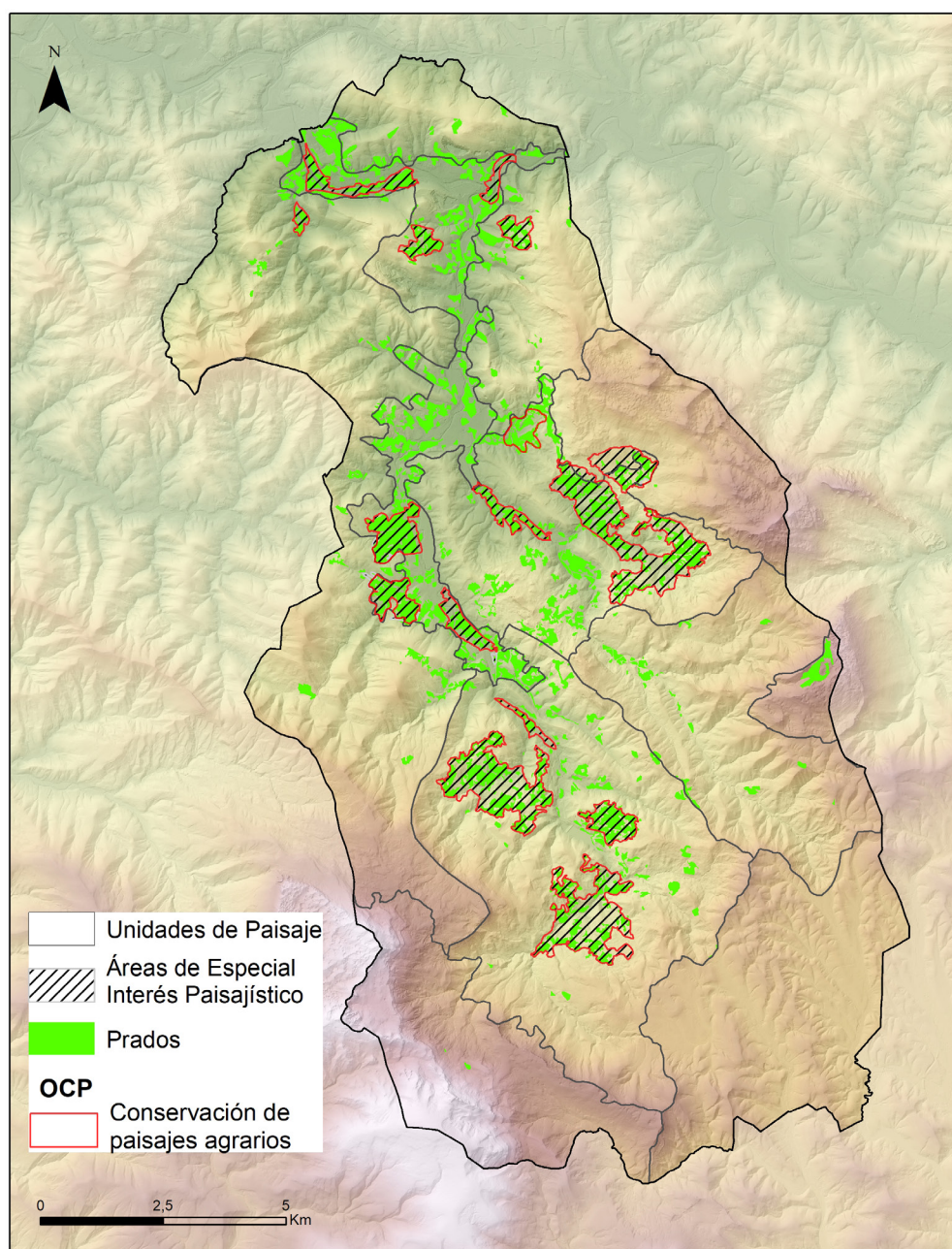
La misma representación cartográfica verifica que los OCP relacionados con el paisaje agrario coinciden casi totalmente en su superposición espacial con las AEIP seleccionadas para este estudio (Figura 7). Esta correspondencia resulta coherente, dado que ambos conjuntos de información están intrínsecamente vinculados. Sin embargo, estas dos figuras, aunque contienen una considerable extensión de praderas, también incluyen numerosas plantaciones forestales. En consecuencia, puede entenderse que se propone sustituir estas plantaciones forestales por manchas de frondosas o por espacios de uso agrícola sostenible, bien en beneficio de una ganadería extensiva o bien en beneficio de la agricultura tradicional, promoviendo así la protección del paisaje agrícola tradicional tal y como establece el propio objetivo.

Asimismo, cabe destacar la extensión de la zona de pradera que queda fuera de las AEIP, de los objetivos, y, por tanto, fuera de las medidas de actuación. De esta manera, una gran superficie agrícola queda al margen de la gestión del paisaje, lo que supondría cerca del 54% de la extensión de los prados. Más aún, teniendo en cuenta que el CEP también hace referencia a los paisajes cotidianos y ordinarios, esta omisión plantea interrogantes sobre la gestión de los mismos, ya que, aunque no estén reconocidos por sus altos valores, desempeñan un papel crucial en la identidad y funcionalidad de este territorio.

En relación con esto, en el desarrollo del 7º OCP se relaciona directamente la actividad agraria con el paisaje agrario, por lo que es incomprensible que una extensión tan grande de prados quede fuera de la gestión paisajística. Por un lado, se admite que la actividad agraria se ocupa del mantenimiento de los paisajes agrarios de la AF, con una gestión activa de los mismos, preservando todas sus características, como el mantenimiento de la estructura parcelaria tradicional que generan los prados, los campos de cultivo, las vías públicas, los muros o los setos. Y, por otro lado, se añade que estos paisajes agrarios van perdiendo espacio por el crecimiento urbanístico, las infraestructuras, la expansión de las repoblaciones forestales monoespecíficas y por el abandono de las actividades tradicionales relacionadas con el caserío, como la ganadería extensiva. A

esto habría que añadirle el aumento de las edificaciones neorurales, inmuebles preexistentes que a menudo adoptan un uso estrictamente residencial o turístico, abandonando la actividad agraria tradicional.

Figura 7. Áreas de Especial Interés Paisajístico, Objetivos de Calidad Paisajística y prados de Igorre-Arratia



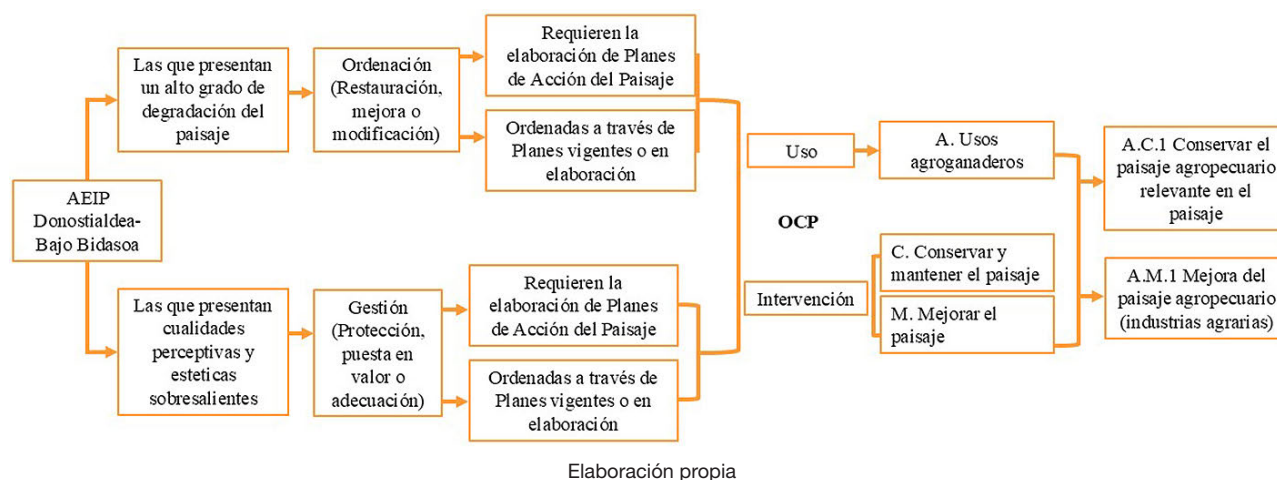
Fuente: Cartografía del Catálogo y Determinaciones del Paisaje de Igorre-Arratia, geoEuskadi. Elaboración propia

3.2. Medidas de actuación en Donostialdea-Bajo Bidasoa

En las Determinaciones de esta AF, los OCP se construyen relacionando dos elementos. Por un lado, el uso del suelo o la unidad de ordenación del espacio territorial (A, en el caso de las zonas agrarias). Y por otro, el criterio de intervención, es decir, la conservación y mantenimiento (C), la restauración (R), la mejora (M) y la puesta en valor y difusión (P), basándose así en los criterios del CEP, pero proponiendo esta última y nueva medida de intervención final. Relacionando estos elementos se elaboran dos medidas dentro del OCP relacionadas con los usos ganaderos y agrarios (A):

- A.C.1 Conservación de un paisaje agropecuario de importancia paisajística.
- A.M.1 Mejora del paisaje agropecuario (industria agraria).

Figura 8. Estructura de las Determinaciones del Paisaje de Donostialdea-Bajo Bidasoa



El primer objetivo abarca algunas zonas agrícolas del territorio y el segundo incluye lugares o elementos puntuales relacionados con invernaderos de la actividad agraria. Tal y como se expone en el artículo 9 de las Determinaciones, este objetivo se dirige a la protección de las zonas agrícolas de alto valor paisajístico, manteniendo adecuadamente los conjuntos de elementos que revalorizan el paisaje y priorizando la actividad agraria que genera estos paisajes de calidad. Manteniendo entre otros, las estructuras tradicionales, los cultivos de calidad, la estructura parcelaria, los vallados y cierres entre parcelas, o los manzanales. Además, se proponen criterios estéticos de orden y construcción que puedan ser armoniosos con el entorno en aquellas áreas que entrarían en el camino hacia la mejora paisajística, como la integración de las construcciones de invernaderos y/o granjas de alto impacto visual en el paisaje.

Por otro lado, cabe destacar la mención especial a los prados en los usos agropecuarios, admitiendo que estos condicionan positivamente la diversidad ambiental para la fauna, que reducen el riesgo de incendios o expresando que forman parte de la historia de la civilización humana, asumiendo de esta manera los importantes valores ambientales y sociales intrínsecos e incuestionables que poseen. También se menciona que estos usos están amenazados de desaparición, por lo que este apartado muestra la intención de preservar el carácter productivo y paisajístico de este paisaje rural.

Se proponen acciones dirigidas a la protección del paisaje agrario, siempre con rango de recomendación, pero con especial atención en las zonas que el PTP de Donostialdea-Bajo Bidasoa (aprobado en el 2016³) estableció como Áreas Agropecuarias Estratégicas. Cabe recordar que el PTP es un instrumento de planificación territorial que se asigna a cada AF de la CAPV y señalar que la categorización de estas zonas fue asignada en función de modelos de productividad agrológica⁴, por lo que los criterios paisajísticos fueron excluidos. Tal y como se puede comprobar en la Figura 9, los OCP del paisaje agrario orientados a la protección confluyen prácticamente con la delimitación de las Áreas Agropecuarias Estratégicas, excluyendo de este objetivo de conservación al resto de las zonas agroganaderas no delimitadas por el PTP como tales.

Debido a que en esta AF las AEIP y los OCP relativos al paisaje agrario no muestran una relación espacial entre sí, se han cartografiado las dos figuras para analizar la convergencia entre ellas. Para ello, se han superpuesto las dos capas dejando ver la superficie de AEIP donde actúan los OCP (Figura 9). Como se pone de manifiesto, la mayoría de los OCP relacionados con el paisaje agrario están fuera de las AEIP y se fija como objetivo la preservación del paisaje agropecuario, pero no se ofrece ningún interés especial al resto de los espacios agrarios, que, por otra parte, suponen la mayoría de la extensión de paisaje de campiña atlántica. Además, varias UP que se han descartado como AEIP, bien para gestión u ordenación, reciben ahora medidas de mejora y conservación mediante los OCP.

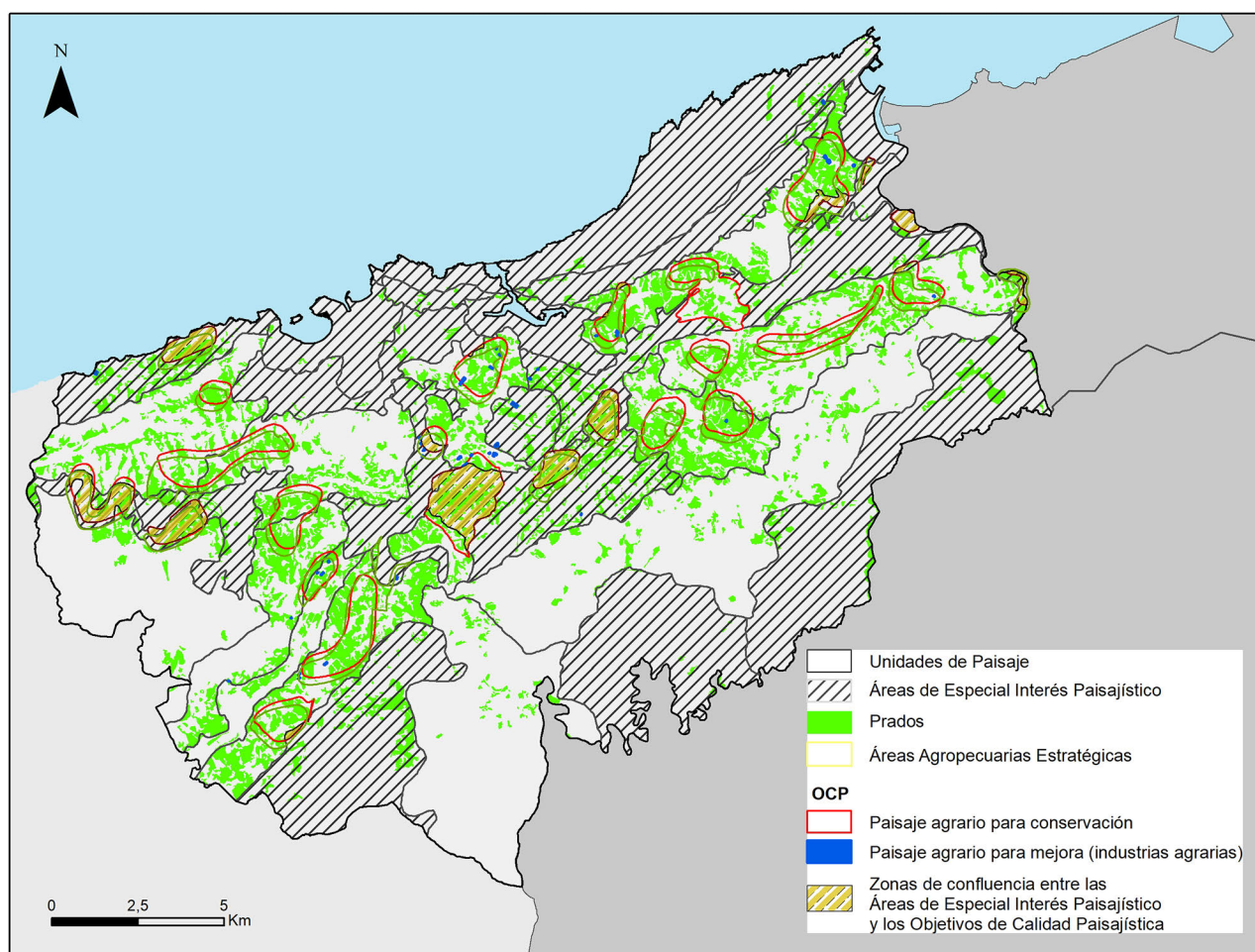
En general, la mayor parte de la superficie que marcan los objetivos queda fuera del interés especial, algo evidente, ya que no se establece un AEIP relativa a los paisajes agrarios. Además, aunque estas zonas incluyen

3 DECRETO 121/2016, de 27 de julio, por el que se aprueba definitivamente el Plan Territorial Parcial del Área Funcional de Donostia-San Sebastián (Donostialdea-Bajo Bidasoa).

4 El PTP a su vez para la delimitación de las áreas agroganadera y campiña consideradas como de alto valor estratégico se basa en el Plan Territorial Sectorial Agroforestal (PTS Agroforestal) de la CAPV, el cual, define esta categoría como los suelos con mayor capacidad agrológica como los terrenos de explotaciones agrarias que, por su modernidad, rentabilidad o sostenibilidad, se consideran estratégicas para el sector (Artículo 48 del PTS: https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/pts_agroforestal/es_def/adjuntos/B_Normas.pdf)

un mosaico de praderas, manchas forestales y tierras de cultivo, dejan fuera una importante extensión de praderas, sin atender a la reflexión que se hace sobre los prados en el propio Catálogo del Paisaje.

Figura 9. Áreas de Especial Interés Paisajístico que quedan afectados por los Objetivos de Calidad Paisajística agrarios y la localización de los prados



Fuente: Cartografía del Catálogo y Determinaciones del Paisaje de Donostialdea-Bajo Bidasoa, geoEuskadi. Elaboración propia

Con unas AEIP tan amplias, donde cada una abarca paisajes de naturaleza diversa, no es fácil encontrar la relación que guardan con los OCP. Por ello, resulta sorprendente sobre todo desde el punto de vista del paisaje agrario, que una gran superficie de praderas y una gran amplitud del paisaje de campiña no se clasifiquen como AEIP, dejando fuera el 66,3% de los prados de la AF. Asimismo, los OCP agrícolas también excluyen el 68,5% de las praderas sin establecer ningún objetivo paisajístico en ellas.

Por otro lado, a diferencia de Igorre-Arratia, aquí las infraestructuras del sector agrario orientadas a la integración paisajística y a la mejora del paisaje se identifican en lugares concretos. Señalando estas zonas como invernaderos destinados a la producción de hortalizas.

Queda en evidencia pues, que la estructura de las Determinaciones del Paisaje de Donostialdea-Bajo Bidasoa, se plantean desde un punto de vista totalmente diferente al caso anterior (Figura 8).

3.3. Análisis comparativo

En el estudio comparativo entre las Determinaciones del Paisaje de las AAFF de Igorre-Arratia y Donostialdea-Bajo Bidasoa, se observa una disparidad significativa en la manera en que se conceptualizan y gestionan las UP y las AEIP. Donostialdea-Bajo Bidasoa adopta un enfoque más pragmático que iguala las UP y AEIP, facilitando así la intervención directa sobre el territorio. Este enfoque puede resultar problemático al simplificar en exceso las características del paisaje, ignorando que dentro de una misma UP pueden coexistir áreas que requieren estrategias diferenciadas. Esto genera una contradicción interna, ya que algunas UP que

inicialmente no son consideradas como AEIP, más tarde reciben medidas de protección o mejora a través de los OCP. Por otro lado, en Igorre-Arratia se aprecia un tratamiento más detallado del paisaje, especialmente en relación con el paisaje agrario, que está más alineado con la noción de paisaje cultural vasco. Sin embargo, este enfoque, aunque ofrece una mayor diferenciación, se basa principalmente en las cualidades perceptivo-estéticas del paisaje. Esto supone una limitación, ya que reduce la gestión a los paisajes más estéticamente valorados, dejando de lado que todos los paisajes, independientemente de su estética, forman parte de la identidad cultural del lugar y poseen un valor intrínseco (Delgado, 2017; Mata & Ferrer, 2021). En definitiva, la diferencia clave radica en la visión estructural y en los criterios utilizados para la definición de las AEIP, lo que refleja diferentes interpretaciones del territorio y su paisaje. Mientras que Donostialdea-Bajo Bidasoa tiende hacia la homogeneización de las unidades paisajísticas con fines prácticos de gestión, Igorre-Arratia opta por un enfoque más selectivo que, aunque más alineado con la cultura paisajística vasca, puede sesgar la intervención hacia los paisajes más visualmente apreciados.

Otra diferencia pronunciada se puede encontrar en el planteamiento de los OCP. Como se ha podido analizar en la cartografía, el ámbito espacial que recogen los objetivos de Igorre-Arratia responden casi en su totalidad a las manchas que se proponen como AEIP. Sin embargo, en Donostialdea-Bajo Bidasoa los objetivos se basan en las Áreas Agropecuarias Estratégicas que establece el PTP, tratando el paisaje agrario desde un punto productivista. Es decir, mientras en Igorre-Arratia se establecen los objetivos paisajísticos desde una visión estética, en Donostialdea-Bajo Bidasoa se fijan desde un punto de vista más productivo.

Por otro lado, cabe destacar la gran extensión de prados que quedan fuera de las estrategias de gestión paisajística. En Igorre-Arratia se supera el 54% de la superficie de los prados y en Donostialdea-Bajo Bidasoa el 68%, lo que supondría una gran superficie del paisaje de campiña atlántica que queda fuera de intervención. Además, muchas de estas praderas aparecen en zonas periféricas o rururbanas, marco idóneo para la aplicación de propuestas de gestión y desarrollo de criterios paisajísticos en relación con los nuevos elementos y transformaciones que se dan en estos espacios (Mata, 2004).

Por último, señalar que las medidas adoptadas para la gestión del paisaje han sido en gran parte dirigidas a la conservación. En este sentido, en el área de Igorre-Arratia se aplican únicamente medidas orientadas a la protección y en Donostialdea-Bajo Bidasoa medidas de ordenación y gestión, pero con una interpretación errónea de esta última. Ya que, si bien la ordenación se entiende como una medida de restauración y mejora, el concepto de gestión se entiende como medida protectora y no como medida para garantizar un adecuado mantenimiento del paisaje, tal y como recoge el CEP. Como se reconoce de forma directa en ambos documentos, el fomento de la actividad agraria mediante el diseño de medidas de protección o la priorización de suelo agrario es vital para la sostenibilidad de los paisajes agrarios. Sin embargo, tras analizar el marco de acción, ha quedado expuesta la gran superficie agrícola que queda fuera de la gestión del paisaje, despreciando esta idea y cayendo en una contradicción.

4. Discusión de resultados

Tal y como se ha mencionado, el análisis de las Determinaciones del Paisaje ha revelado significativas diferencias metodológicas y estructurales entre los documentos estudiados, a pesar de la proximidad temporal entre ellos. Esta situación, por un lado, ha dificultado la posibilidad de realizar comparaciones, y, por otro lado, ha conllevado a establecer enfoques dispares en la gestión del paisaje de ambas AAFF. Bien es cierto que desde un punto de vista jurídico el paisaje está regulado por el Decreto 90/2014 y éste fija los mecanismos normalizados para la integración del paisaje en la ordenación territorial de una forma más coherente y sistematizada. No obstante, no existe una estrategia integral de paisaje para toda la CAPV, a pesar de que en las DOT se establecen unos objetivos y directrices que deben abordarse desde la planificación territorial y urbanística. Tampoco se ha establecido un procedimiento metodológico uniforme para la identificación de las AEIP, que son las unidades básicas de intervención en paisaje dentro de las AAFF. Ormaetxea y Sáenz de Olazagoitia (2015) no solo abordan este vacío, sino que son plenamente conscientes de su existencia, lo que los lleva a desarrollar y aplicar una propuesta metodológica para sistematizar la integración del paisaje en la ordenación territorial. Esta propuesta busca establecer un marco común que permita superar las diferencias metodológicas observadas, asegurando una planificación coherente y eficiente que responda a las necesidades paisajísticas de la CAPV. Del mismo modo, Kang y Liu (2022) ofrecen recomendaciones prácticas para la selección y aplicación de estas metodologías y discuten cómo integrarlas en la gestión y planificación del paisaje. Las conclusiones destacan la necesidad de un enfoque integral y multidisciplinario para una evaluación y gestión efectiva del paisaje. Merino del Río (2022) destaca que, pese al marco jurídico establecido por

el CEP y la vasta producción científica y técnica que se ha generado, persisten importantes controversias respecto a la naturaleza compleja del paisaje. Las dificultades para integrar todas las dimensiones que lo definen siguen limitando la efectividad de las acciones de protección, gestión y ordenación. Con todo ello, sugiere que, aunque se han logrado avances normativos, es necesario continuar desarrollando enfoques metodológicos que aborden de manera más completa esta complejidad inherente del paisaje, apostando por un enfoque basado en el patrimonio territorial, cuestión que más adelante también se recoge.

En este sentido, cabe resaltar, como caso de buena práctica a escala regional, la política llevada a cabo por Navarra en materia de paisaje y su implementación a través de la planificación territorial. A pesar de no haber desarrollado un marco jurídico que regule el paisaje, Navarra cuenta con un marco metodológico común que busca garantizar la coherencia en las intervenciones territoriales dentro de las diferentes áreas. Bien es cierto que existen diferencias notables en el grado de desarrollo de la política de paisaje (Pérez, 2017; Mata & Ferrer, 2021; Mata & López, 2022) y se podrían destacar varias comunidades autónomas que han sido valoradas positivamente por su buen hacer en materia de paisaje e inclusión en la política territorial (Cataluña y Valencia); no obstante, Navarra, al igual que la CAPV, destaca por sus paisajes agrarios prominentes, donde la campiña también desempeña un papel central. Esta similitud en la importancia de los paisajes agrarios permite realizar una comparación significativa entre ambos territorios, facilitando el análisis de sus estrategias de gestión del paisaje y la identificación de posibles mejoras.

La primera fase de la implementación del CEP en Navarra se llevó a cabo en 2011 a través de la aprobación de los Planes de Ordenación Territorial (POT). Estos, son herramientas clave para la ordenación supramunicipal del territorio y establecen un marco general para proteger, gestionar y planificar los paisajes, sentando las bases de la política del paisaje, orientando la preservación y mejora de los valores territoriales, así como a la corrección de impactos ambientales derivados de un mal uso de los recursos. Especial mención requiere el Anexo Temático PN9 - Paisaje de los POT, un documento clave que proporciona una visión integral del paisaje, incluyendo el agropecuario, en la planificación territorial. Este anexo establece los principios y objetivos generales para la gestión y ordenación del paisaje, así como diferentes líneas de actuación. Se enfoca en la valorización de la diversidad y multifuncionalidad de los paisajes, protegiendo la riqueza paisajística del medio rural y promoviendo la recuperación de los valores paisajísticos sobresalientes. Este enfoque compartido por los cinco POT desarrollados establece una sólida base conceptual y metodológica homogénea para la planificación del paisaje, lo cual facilita la coordinación entre diferentes áreas geográficas, asegurando una mayor integración del paisaje en la planificación territorial. En este caso, el paisaje agropecuario se incluye como categoría de suelo no urbanizable de preservación de valor paisajístico y se identifican para cada POT, incluyendo contenido personalizado. Se destaca el área de la Navarra atlántica, donde los prados y el paisaje de campiña atlántica adquieren protagonismo, siendo parte fundamental y objeto de análisis en esta investigación. No obstante, esta categoría se determina como orientativa, lo cual puede conllevar a una implementación inconsistente y marginal de prácticas de conservación de estos paisajes a escala municipal.

Asimismo, el Gobierno de Navarra ha ido desarrollando criterios y elaborando diversas guías de integración paisajística con el fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos en la ejecución de acciones a gran escala. Estas guías, específicas en su ámbito temático, tienen como propósito orientar la intervención en los espacios, promoviendo una planificación adecuada y un desarrollo de proyectos que puedan impactar tanto en el paisaje como en el territorio. Entre ellas, destaca la Guía de Criterios Paisajísticos para las Actividades Agro-ganaderas en Suelo Rústico, que ofrece una caracterización detallada de las instalaciones agro-ganaderas y de los principales paisajes agrarios de la región. Establece una serie de herramientas para la implementación de los criterios de integración paisajística, facilitando así la implementación puesta en marcha de proyectos que respeten y mejoren la calidad paisajística del área.

Por otro lado, tal y como se ha mencionado anteriormente, se considera que únicamente el paisaje formado por los prados tiene un tratamiento centrado en la protección de aquellas áreas que han sido consideradas con cierta calidad paisajística, subrayando la interpretación errónea del concepto gestión del paisaje en las Determinaciones de Donostialdea-Bajo Bidasoa. Estos paisajes no sólo deben conservarse, sino también deben formar parte de una planificación activa que les permita adaptarse a las dinámicas territoriales y globales. Un enfoque limitado a la conservación de los prados puede llevar a una desarticulación del resto de componentes paisajísticos, perdiendo de vista las interacciones entre los diferentes componentes de los ecosistemas, las áreas urbanizadas y los usos del suelo. Tal y como indica Silva (2022) la conservación entendida como protección, aplicada al paisaje, no se considera un concepto adecuado; es mejor hablar de preservación y capacidades de adaptación o resiliencia. Troitiño (2011) ya advertía sobre los riesgos de aislamiento y fragmentación que surgen de la protección del paisaje y subrayaba la necesidad de liderar

estrategias de desarrollo territorial que incluyan el concepto de patrimonio, especialmente en paisajes con un alto valor no solo estético, sino también ecológico y cultural. No integrar el concepto de patrimonio en estos entornos significa ignorar los valores históricos, culturales y sociales que enriquecen el paisaje más allá de su valor visual o biodiversidad, una visión que Silva (2009) ya estableció con su apuesta por los paisajes de agricultura vistos como patrimonio. En este sentido, sería interesante impulsar estrategias que promuevan la patrimonialización de los paisajes de campiña desde la planificación territorial a través de sus Determinaciones del Paisaje. Esto supondría abordar la interacción histórica y cultural que las comunidades humanas han tenido con este entorno a lo largo del tiempo. Desde esta perspectiva, el paisaje también se valoraría como un patrimonio cultural vivo, donde el uso del suelo, las prácticas agroganaderas tradicionales y las formas de vida rurales se consideran tan importantes como la biodiversidad y los elementos visuales. En este sentido, cabe valorar positivamente el “paisaje cultural vasco” identificado en Igorre-Arratia. Hace referencia a la expresión del territorio que se valora y percibe por sus características culturales, que a su vez es la base y el resultado del proceso de identidad de una comunidad. Se puede definir los paisajes culturales como construcciones híbridas, como la suma de los conceptos de paisaje y patrimonio; sin embargo, no todos los paisajes agrícolas se definen como paisajes culturales, pues muchos de ellos han incorporado sistemas agrícolas intensivo-industriales o han sufrido transformaciones en la evolución histórica productiva (Silva, 2022).

Con todo ello, y teniendo en cuenta que un alto porcentaje de los prados, y, por consiguiente, de la campiña atlántica, queda excluido de cualquier tipo de intervención, se proponen las siguientes líneas de mejora:

- 1- Gestión: modo de intervención preferente en los paisajes agrarios de las zonas rururbanas, donde la presión urbana y el desarrollo económico generan transformaciones que afectan los prados y otros elementos agrarios. El objetivo es fomentar actuaciones que garanticen el mantenimiento de estos paisajes agrarios en zonas de transición rural-urbana, con un enfoque que permita armonizar los cambios sin comprometer los valores ecológicos, productivos y culturales de los mismos.
 - Elaborar una guía de buenas prácticas como herramienta para ayudar a las administraciones públicas y a los equipos técnicos a comprender las características y valores de la campiña atlántica. Esta guía debe incluir criterios de actuación y propuestas para la restauración de prados abandonados y/o degradados por presión urbanística, facilitando así una gestión más efectiva y acorde con los objetivos de este tipo de intervención.
- 2- Ordenación: promover acciones con vistas a mejorar, restaurar o crear paisajes de campiña atlántica tras un inventario y caracterización de estos paisajes, con especial atención a los prados como elemento protagonista.
 - Realizar un inventario detallado de los prados y paisajes agrarios de la campiña atlántica, identificando áreas prioritarias en función de su valor patrimonial, estado de conservación y vulnerabilidad.
- 3- Desarrollar el concepto de paisaje patrimonial vasco en documentos técnicos, integrando entre otros elementos la campiña atlántica como seña de identidad de la comunidad local.

5. Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos en este trabajo, se puede concluir que los documentos oficiales relacionados con el paisaje siguen teniendo una importante labor de mejora a la hora de caracterizar, evaluar y gestionar el paisaje. El hecho de que el paisaje sea un concepto polisémico y transversal dificulta también su interpretación y tratamiento, quedando a la vista la necesidad de un enfoque holístico. El CEP y el Decreto Vasco del Paisaje expresaron de forma clara el objeto de las políticas de gestión del paisaje y su definición, atendiendo a la integridad del territorio. Sin embargo, en este análisis, se echa de menos una interpretación profunda, justa y precisa de estos documentos jurídicos que a menudo omiten algunos aspectos relevantes.

La metodología utilizada ha permitido comparar los dos casos de estudio tras su análisis individual. De esta manera, se ha detectado una gran diferencia en cuanto a estructura y respecto a las pautas utilizadas para delimitar los diferentes ámbitos en las Determinaciones del Paisaje de las dos AAFF. Esto ha generado dificultades a la hora de analizarlas con los mismos criterios, ya que abordan los mismos aspectos del paisaje mediante puntos de vista muy diferentes. En este sentido, es necesario establecer una metodología para el desarrollo adecuado de las Determinaciones del Paisaje, tanto para facilitar el trabajo de los técnicos, como para avanzar en la implicación y participación ciudadana, así como en la sensibilización social con el paisaje.

Además, aunque el interés por los paisajes agrarios parece haber despertado, en este estudio también se han detectado problemas de caracterización a la hora de identificar los paisajes agrarios, ya que los criterios para la actuación en el paisaje agrario han partido desde la productividad o desde la perspectiva estética, sin tener en cuenta el resto de realidades agrarias del territorio.

Por último, cabe mencionar la integración del concepto “paisaje cultural vasco” por primera vez en los documentos del paisaje de la CAPV como AEIP. Fortaleciendo el carácter cultural y patrimonial del paisaje agrario local y dejando camino a desarrollar estudios en torno a esta idea en el futuro.

La importancia del paisaje en la sociedad o en el medio ambiente, hace que su gestión sea absolutamente necesaria, por su impacto en la calidad de vida y en la gestión de los recursos naturales. Toda la literatura en torno al paisaje, tanto oficial como académica, destaca una y otra vez su importancia como clave para tener un territorio sostenible. Por ello, es importante recalcar, que en la medida en que las Determinaciones del Paisaje tienen un rango de recomendaciones y propuestas de actuación, es imprescindible una actitud activa y sincera de las administraciones locales para materializar las intenciones relativas a la gestión del paisaje y dar pasos adelante en este campo.

Contribución de autoría

La contribución de autoría en este estudio se distribuye de la siguiente manera: la **conceptualización**, que incluye la idea y el diseño del estudio, fue realizada por Nagore Dávila y Galder Mentxaka. La **curación de datos**, que implica la organización, gestión y mantenimiento de los mismos, estuvo a cargo de Galder Mentxaka. La **adquisición de fondos** para el desarrollo del estudio fue responsabilidad de Nagore Dávila. En cuanto a la **investigación**, que abarca la realización de experimentos o recopilación de datos, ambos autores participaron activamente. La **metodología**, comprendiendo el desarrollo y diseño de los métodos utilizados, fue elaborada conjuntamente por Galder Mentxaka y Nagore Dávila. La **administración del proyecto**, es decir, la supervisión y coordinación del estudio, fue gestionada por Nagore Dávila. En relación con los **recursos**, que incluyen el suministro de materiales, herramientas o datos, la responsabilidad recayó en Galder Mentxaka. En el ámbito de la **supervisión**, entendida como la dirección y liderazgo del estudio, Nagore Dávila desempeñó este rol. Asimismo, la **validación** de los resultados, asegurando su reproducibilidad, fue realizada por Nagore Dávila. La **visualización**, es decir, la creación de gráficos y figuras, estuvo a cargo de Galder Mentxaka. En lo que respecta a la **redacción**, el **borrador original** del manuscrito fue elaborado por Galder Mentxaka, mientras que la **revisión y edición**, que incluye la revisión crítica y ajustes al texto, fue responsabilidad de Nagore Dávila.

Financiación

Se agradece el apoyo financiero del GPAC. Espacio experimental para la innovación en Patrimonio y Paisajes Culturales (Código: IT1617-22), a la RED-SIEGA: Prados de siega y cambio climático: patrimonio agroganadero, biodiversidad, desarrollo local y ciencia ciudadana (Código: RED2022-134175-T) y al Grupo Biofoodscape: Paisajes agroalimentarios en las montañas españolas. Diversidad biocultural, innovación social y desarrollo territorial (PID2023-146662OB-I00).

Referencias

- Agnoletti, M. (2007). The degradation of traditional landscape in a mountain area of Tuscany during the 19th and 20th centuries: Implications for biodiversity and sustainable management. *Forest Ecology and Management*, (249) 1–2, 5–17. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.05.032>
- Aguilera, M.J., Borderías, M.P., Gómez, B., González, M., & Santos, J.M (2007). *Los paisajes agrarios*. UNED.
- Ainz, M.J. (2000). Paisaje rural, ordenación del territorio y caserío. *Euskonews*, 85. <https://www.euskonews.eus/zbk/85/paisaje-rural-ordenacion-del-territorio-y-caserio/ar-0085001003C/>
- Alberdi, J. C. (2018). El paisaje atlántico vasco ante la marginalización ganadera: claves para su conservación. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (80), 1–32. <https://doi.org/10.21138/bage.2605>
- Antrop, M. (2005). Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning*, 70(1-2), 21–34. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.002>
- Cano Suñén, N. (2006). Paisaje y desarrollo sostenible. El ejemplo de la implantación de la "agenda 21" en las zonas rurales de Bizkaia. *kobie. Antropología cultural*, (12), 71–86. https://www.bizkaia.eus/fitxategiak/04/ondarea/Kobie/PDF/5/Kobie_12AC_PAISAJE%20Y%20DESARROLLO%20SOSTENIBLE_%20EL%20EJEMPLO%20DE%20LA%20.pdf?hash=348f2189e9eddd0fbbbe42b52b6cb7bd0
- Delgado, C. (2017). Consideración y tratamiento de los paisajes agrarios en los instrumentos de protección ambiental, ordenación territorial y planeamiento urbanístico. Cantabria (España) como caso de estudio. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (75), 373–405. <https://doi.org/10.21138/bage.2505>
- Estefanía, L. (2021). *El valor patrimonial del paisaje como vector de desarrollo territorial sostenible: Propuesta del paisaje pasiego (Cantabria) como "paisaje cultural"* [Master's Final Project, Universidad de Cantabria]. Repositorio Unican. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/22330/EstefaniaHerreroLierni.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fernández, G. (Dirct.) (2019). *Atlas de Geografía Humana de España*. Ediciones Paraninfo.
- Gurrutxaga, M., & Porcal, M.C. (2019). Análisis de los retos de gestión del paisaje del Bien Pirineos-Monte Perdido tras dos décadas inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial de UNESCO (1997-2018). *Investigaciones Geográficas*, (71), 75–96. <https://doi.org/10.14198/INGEO2019.71.04>
- Kang, N., & Liu, C. (2022). Towards landscape visual quality evaluation: methodologies, technologies, and recommendations. *Ecological Indicators*, (142), 109174. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109174>
- López, N., Molina, P., & Allende, F. (2024). Uso, gestión y conservación de la biodiversidad en el sistema agroganadero del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. In A. López & M. Martínez (Eds.), *Conservación de la biodiversidad en parques nacionales* (pp. 85–102). Tirant lo Blanch. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9378174>
- Mata, R. (2004). Agricultura, paisaje y gestión del territorio. *Polígonos. Revista de Geografía*, (14), 97–137. <https://doi.org/10.18002/pol.v0i14.492>
- Mata, R., & Ferrer, D. (2021). La protección, gestión y mejora del paisaje en España. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 53(207), 189–214. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2021.207.12>
- Mata, R., & López, N. (2022). La geografía española y la renovada agenda política del paisaje. In *Aportación española al congreso de la UGI-IGU París 2022 El tiempo de los geógrafos*; (pp. 73–100). <https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2022/07/LA-GEOGRAFI%CC%81A-ESPAN%CC%83OLA-ACTUAL-ESTADO-DE-LA-CUESTIO%CC%81N.pdf>
- Mata, R., & Requejo, J. (2022). El suelo fértil, tercer pilar del patrimonio territorial, en Agricultura y ganadería familiar en España. In *Fundación de Estudios Rurales ANUARIO 2022*. Fundación de Estudios Rurales, 169–176. <https://www.upa.es/upa/depot/adjuntos/beefbd8fd4ac5b81657625347.pdf>
- Mata, R., & Sanz, C. (Dirct.) (2014). *Geografía de los paisajes de España*. UNED.
- Merino del Río, R. (2022). Hacia un proyecto de paisaje desde el patrimonio territorial. *Estudios Geográficos*, 83(292), e094. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.2022102.102>
- Ormaetxea, O., & Sáenz de Olazagoitia, A. (2015). Nuevos requerimientos y herramientas en el estudio del paisaje de la Comunidad Autónoma del País Vasco: un ejemplo de aplicación. In J. de la Riva, P. Ibarra,

- R. Montorio, M. Rodrigues (Eds.), *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación, e-book XXIV Congreso de la Asociación de Geógrafos* (pp. 1163-1172). https://congresoage.unizar.es/eBook/trabajos/122_Ormaetxea%20Arenaza.pdf
- Ormaetxea, O., & Sáenz de Olazagoitia, A. (2018). Paisaje y paisajes en el País Vasco: síntesis diacrónica de su configuración y consideración normativa. *Estudios Geográficos*, 79(284), 85-113. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201804>
- Pérez, C. (2017). El paisaje y su gestión en España a partir del Convenio Europeo de Paisaje [Final Degree Project, Universidad de Cantabria]. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/11193/PerezSetienCarlos.pdf?sequence=1&isAllowed=n>
- Ruiz, E. & Galdos, R. (2008). Geografía del País Vasco. Nerea.
- Ruiz, E. & Galdos, R. (2013). Actividad agraria y paisaje. La ganadería, clave en la conservación del paisaje vasco-atlántico. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (63), 379-398. <http://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/download/1619/1539>
- Silva, R. (2009). Agricultura, paisaje y patrimonio territorial. Los paisajes de la agricultura vistos como patrimonio. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, (49). <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/786>
- Silva, R. (2022). Paisajes culturales agrarios. Una reflexión desde sus consideraciones por la UNESCO y la FAO en sus concreciones españolas. *Erph_ Revista electrónica De Patrimonio Histórico*, (30), 48-75. <https://doi.org/10.30827/erph.vi30.24111>
- Troitiño, M.A. (2011). Territorio, patrimonio y paisaje: desafíos de una ordenación y gestión inteligentes. *Ciudad Y Territorio Estudios Territoriales*, 43(169-0), 561-569. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/76083>
- Wehn, S., Burton, R., Riley, M., Johansen, L., Hovstad, K.A., & Rønningen, K. (2018). Adaptive biodiversity management of semi-natural hay meadows: The case of West-Norway. *Land Use Policy*, (72), 259-269. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.063>



Espacio rústico o libre: una visión geográfica de su ordenación y protección a propósito del caso de Andalucía (España)

Open space: a geographic vision of its management regarding the case of Andalusia (Spain)

AUTORÍA

Rafael Garzón-García 

Grupo de investigación Estudios de Geografía,
Universidad de Córdoba (España).

Gema Florido-Trujillo 

Grupo de investigación Estudios de Geografía,
Universidad de Córdoba (España).

Rafael Vega-Pozuelo 

Grupo de investigación Estudios de Geografía,
Universidad de Córdoba (España).

María Luisa

Ramírez-López 

Grupo de investigación Estudios de Geografía,
Universidad de Córdoba (España).

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.29244>

CITACIÓN

Garzón-García, R., Florido-Trujillo, G., Vega-Pozuelo, R., & Ramírez-López, M. L. (2025). Espacio rústico o libre: una visión geográfica de su ordenación y protección a propósito del caso de Andalucía (España). *Investigaciones Geográficas*, (84), 189-213. <https://doi.org/10.14198/INGEO.29244>

CORRESPONDENCIA

Rafael Garzón-García (rafael.garzon@uco.es)

HISTORIA

Recibido: 28 enero 2025

Aceptado: 16 abril 2025

Publicado: 23 julio 2025

(Publicación anticipada: 16 junio 2025)

TÉRMINOS

© 2025 Rafael Garzón-García, Gema Florido-Trujillo, Rafael Vega-Pozuelo, María Luisa Ramírez-López

 Este trabajo se publica bajo una licencia Creative Commons de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

El artículo ofrece una visión del espacio rústico como componente propio y diferenciado dentro del sistema territorial. Desde esta visión se destaca la necesidad de una ordenación y protección coherente del mismo, para lo que se aboga por su visión unitaria, como sistema integrado de espacios libres. Para ello, se plantea una metodología de análisis que aborda la recopilación de los instrumentos reguladores y planificadores de aplicación al espacio rústico, de las iniciativas para su protección, y un diagnóstico y valoración de todo ello desde la perspectiva sistémica antes apuntada. La aplicación del marco de análisis a la región de Andalucía (España), mediante el empleo de fuentes normativas, planificadoras, estadísticas y cartográficas, ha permitido constatar la existencia de un marco complejo, definido por la existencia de un amplio y diverso número de iniciativas de ordenación y protección. Junto a indudables logros, como la aprobación de la Ley de Impulso a la Sostenibilidad del Territorio (LISTA) o la relevancia del entramado planificador de incidencia sobre el espacio rústico, se destacan asimismo retos clave a abordar de cara a la deseable ordenación integrada, como la efectiva incorporación del enfoque de la infraestructura verde y la gestión del cambio climático, así como la actualización de la planificación acorde a ello, entre otros. El trabajo desarrollado ofrece, pues, un planteamiento integrador que resulta ambicioso y en buena medida novedoso en el contexto español, pudiendo contribuir a la mejora de la praxis de la ordenación del territorio y resultando aplicable a otros ámbitos geográficos.

Palabras clave: suelo rústico; espacio libre; sistema; planificación; infraestructura verde; Andalucía.

Abstract

This article provides a perspective on rural space as a distinct and integral component within the territorial system. From this viewpoint, it emphasizes the need for coherent planning and protection of the rural space, advocating for its unified vision as an integrated system of open spaces. To this end, a methodology of analysis is proposed, addressing the compilation of regulatory and planning instruments applicable to rural areas, initiatives for their protection, and a diagnosis and assessment of all these elements from the aforementioned systemic perspective. The application of this analytical framework to the region of Andalusia (Spain),

using normative, planning, statistical, and cartographic sources, reveals the existence of a complex framework characterized by a broad and diverse range of planning and protection initiatives. Alongside undeniable achievements —such as the approval of the Law for the Promotion of Territorial Sustainability (LISTA) and the importance of the planning framework impacting rural space— key challenges are also highlighted. These include the effective integration of the green infrastructure approach, climate change management, and the updating of planning practices in line with these goals, among others. The study thus presents an integrative approach that is both ambitious and, to a large extent, novel within the Spanish context. It has the potential to contribute to the improvement of territorial planning practices and to be applicable to other geographic areas.

Keywords: rural land; open space; system; planning; green infrastructure; Andalusia.

1. Introducción

En el contexto actual de cambio global, la adecuada ordenación y gestión del territorio se torna una necesidad acuciante. Así se ha explicitado en el *Manifiesto por una Nueva Cultura del Territorio*, tanto su texto original (2006) como en sus adendas posteriores (Asociación Española de Geografía [AGE], 2018). En este marco, el espacio rústico constituye un componente clave del sistema territorial —al configurarse como uno de sus grandes subsistemas, junto al de asentamientos y al infraestructural (Folch, 2003)— y, por ende, de sus procesos de ordenación y gestión.

Pero ¿qué podemos entender por el *espacio o suelo rústico*? Más allá de la compleja conceptualización de espacio rural, que, además de la base físico-funcional fundamentalmente agraria, debe considerar otras variables como el tamaño o la densidad poblacionales (Molinero, 2019), el espacio rústico conforma una realidad más amplia.

A este respecto, cabe hablar de una visión diferente desde la perspectiva territorial y urbanística. Desde esta última, el espacio rústico se ha contemplado frecuentemente desde una visión residual, por exclusión, como el *suelo no urbano o no urbanizable*, siendo recurrente esta denominación en el caso español en los instrumentos de planeamiento urbanístico general desde la Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana de 1956.

Por el contrario, la perspectiva territorial ha asumido una visión en positivo, más amplia y sensible a la especificidad y diversidad del espacio rústico. Se identifica así con el *espacio libre o espacio abierto*, en una terminología presente desde tiempo atrás en la literatura científica de ámbito anglosajón, principalmente en los estudios de ecología del paisaje (Forman & Godron, 1981; Ahern, 1991; Linehan et al., 1995; Rao, 1997). Constituye la frontera esencial con el espacio urbano, pero también con el directamente influido y transformado por él, suburbano, periurbano y rururbano (Folch, 2003). El espacio rústico, libre o abierto se corresponde, pues, con aquella parte del territorio que incluye todos aquellos terrenos caracterizados por una intervención antrópica de menor intensidad que el espacio urbano, lo que permite el mantenimiento de una cierta condición de naturalidad intrínseca (Maruani & Amit-Cohen, 2007). A nivel terminológico, los términos de *espacio abierto* y de *espacio libre* referidos al suelo rústico pueden generar cierta controversia que es necesario aclarar. Por una parte, el término de *espacio abierto* coincide con la denominación más aceptada y generalizada en el mundo anglosajón —*open space*—, si bien su uso se evitará en esta aportación, por cuanto parte de los espacios integrantes del medio rústico, particularmente ciertos terrenos agrarios —como fincas cercadas, cultivos bajo plástico, explotaciones ganaderas intensivas, etc.—, no pueden considerarse en sentido estricto como integrantes de un espacio abierto. Por otra parte, el concepto de *espacio libre* sí se empleará —como se constata en el propio título del artículo—, si bien es necesario argumentarlo correctamente para evitar posibles confusiones. A este respecto, debe aclararse que este concepto se encuadró originariamente dentro del marco del urbanismo y su planificación, donde se corresponde con el espacio no construido, tanto urbano —viario, plazas, zonas verdes etc.— como no urbano. Esto último ha permitido su transposición posterior a una escala territorial, marco en el que el espacio libre cabe identificarlo con el *espacio libre de construcción*, es decir, la totalidad de áreas —naturales y seminaturales— no construidas, lo que lo equipara, *de facto*, con el espacio rústico (Folch, 2003).

Sobre esta base, el enfoque territorial o geográfico en el análisis del espacio rústico hace posible entender su complejidad, llegándose a hablar de *sistema de espacios libres* (Ahern, 1991; Linehan et al., 1995), que conforma “un mosaico territorial complejo, con distintas piezas y ambientes (...) más o menos relacionados, que desempeñan funciones esenciales de equilibrio y sostenibilidad territorial y de calidad de vida” (Mata & Olcina, 2010, pp. 90-91). Cabe hablar, por tanto, de una multiplicidad de componentes del espacio rústico, entre los que se incluyen los espacios naturales o de dominante natural, pero también seminaturales, como los agrarios y extractivos, con su multitud de subtipologías y piezas territoriales.

La imprescindible consideración del espacio rústico en los procesos de ordenación y planificación territorial, para su adecuada gestión y protección (Maruani & Amit-Cohen, 2007), se ha acompañado de una reformulación y reorientación recientes en el contexto español. Destaca la asunción de una visión cada vez más detallada o refinada del espacio libre (Garzón, 2019), concretada en la aparición de nuevos enfoques y metodologías para su análisis, ordenación y gestión, tales como la gestión paisajística (Mata & Tarroja, 2006; Mata & Ferrer, 2021; Mata & Rodríguez, 2022), la ecología del paisaje (Español, 2006) y, de manera cada vez más mayoritaria, la infraestructura verde (Vera et al., 2019; Olcina & Elorrieta, 2021; Ors, 2021; Prieto, 2021; Mata & Rodríguez, 2022). Todas ellas han mostrado una progresiva incorporación a la planificación territorial española (Feria & Santiago, 2009; Rodríguez & Aguilera, 2016; Cruz et al., 2017; Elorrieta & Olcina, 2021), hecho aún más acentuado a raíz de la aprobación de la *Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas* (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO], 2021).

Pero también desde el punto de vista urbanístico se ha asumido progresivamente una visión más positiva del espacio rústico. En el caso español ello se hizo patente a raíz de los cambios operados en la legislación estatal del suelo. La Ley 8/2007 (Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley del Suelo), que reemplazaba a la Ley 6/1998, desterraba la denominación de *suelo no urbanizable*, reemplazándola por la de *suelo rural*, que pasaba a constituir una de las dos situaciones básicas del suelo, junto al *suelo urbanizado*. Este cambio, que ha sido asumido por la actualización más reciente de la legislación estatal sobre suelo (Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana) no se limitaba tan solo a una modificación nominativa, sino que afectaba a la propia concepción del suelo rústico. En efecto, la legislación atribuye ya a todo terreno con esa consideración un valor e interés territorial y ambiental, más allá de los valores específicos y más destacados que pudieran existir (Delgado, 2017; Díaz, 2019), lo que justifica la aplicación del principio del *desarrollo urbano y territorial sostenible* para el desarrollo de las políticas públicas relativas a la regulación, ordenación, ocupación, transformación y uso del suelo (como establece el RD 7/2015 en su artículo 3). Este principio se concreta en cuatro objetivos específicos, de afectación directa al suelo clasificado como rural:

- a) La eficacia de las medidas de conservación y mejora de la naturaleza, la flora y la fauna y de la protección del patrimonio cultural y del paisaje.
- b) La protección, adecuada a su carácter, del medio rural y la preservación de los valores del suelo innecesario o inidóneo para atender las necesidades de transformación urbanística.
- c) La prevención adecuada de riesgos y peligros para la seguridad y la salud públicas y la eliminación efectiva de las perturbaciones de ambas.
- d) La prevención y minimización, en la mayor medida posible, de la contaminación del aire, el agua, el suelo y el subsuelo.

Estos objetivos apuntan directamente a las grandes cuestiones de interés que ya desde años atrás se han venido señalando respecto del espacio rústico y su ordenación y planificación (Mata & Olcina, 2010; Díaz, 2019), a las que en la actualidad se añaden nuevas amenazas y retos, derivados principalmente del cambio climático y la necesidad de una respuesta, en forma principalmente de adaptación, desde la planificación territorial (Olcina & Elorrieta, 2021; Olcina, 2024). Ante ello, cabe plantearse una pregunta fundamental: ¿es posible abordar una ordenación coherente e integradora del espacio rústico como sistema de espacios libres? Se trata de una cuestión compleja y difícil, más aún si se atiende a ciertos caracteres o condicionantes, tales como: las grandes presiones y cambios de uso del suelo registrados en el espacio rústico; la fuerte descentralización de competencias característica del marco autonómico español (particularmente en lo relativo a las políticas de ordenación y protección); y, en relación con lo anterior, la gran pluralidad de iniciativas e instrumentos de incidencia sobre el propio espacio rústico.

Pese a la dificultad de una respuesta inequívoca, la preservación y mejora del espacio rústico desde una ordenación racional debe ser una exigencia y es necesario cuestionarse e indagar sobre esta cuestión esencial. De hecho, la visión analítica, amplia e integradora inherente a la disciplina geográfica resulta de especial virtualidad a este respecto.

Como una contribución que espera ser de interés, desde un punto de vista epistemológico, metodológico y práctico, se analiza en esta aportación la situación de Andalucía. Dentro de la disparidad normativa y planificadora existente entre Comunidades Autónomas (sobre la base de la legislación básica estatal sobre suelo, patrimonio natural, patrimonio cultural, montes y dominios públicos —hidráulico, marítimo-terrestre y vías pecuarias—, evaluación ambiental y la más reciente de cambio climático), este se presenta como un caso especialmente interesante. Ello se fundamenta tanto en la extensión y diversidad del campo andaluz, como

en las numerosas iniciativas desarrolladas para su ordenación y las novedades registradas en este sentido; aquí confluyen elementos como un gran entramado protector de espacios naturales, una planificación territorial bastante desarrollada —si bien con carencias en su concepción e implementación (Zoido, 2010; Mulero, 2018)—, la elaboración de una estrategia regional de conectividad ecológica e infraestructura verde —con anterioridad a la estrategia española (Junta de Andalucía, 2018)— y, sobre todo, la reciente aprobación de la Ley 7/2021, de 1 de diciembre, de Impulso para la Sostenibilidad del Territorio de Andalucía (conocida como LISTA)¹ y su Reglamento (diciembre de 2022), marco normativo de gran trascendencia.

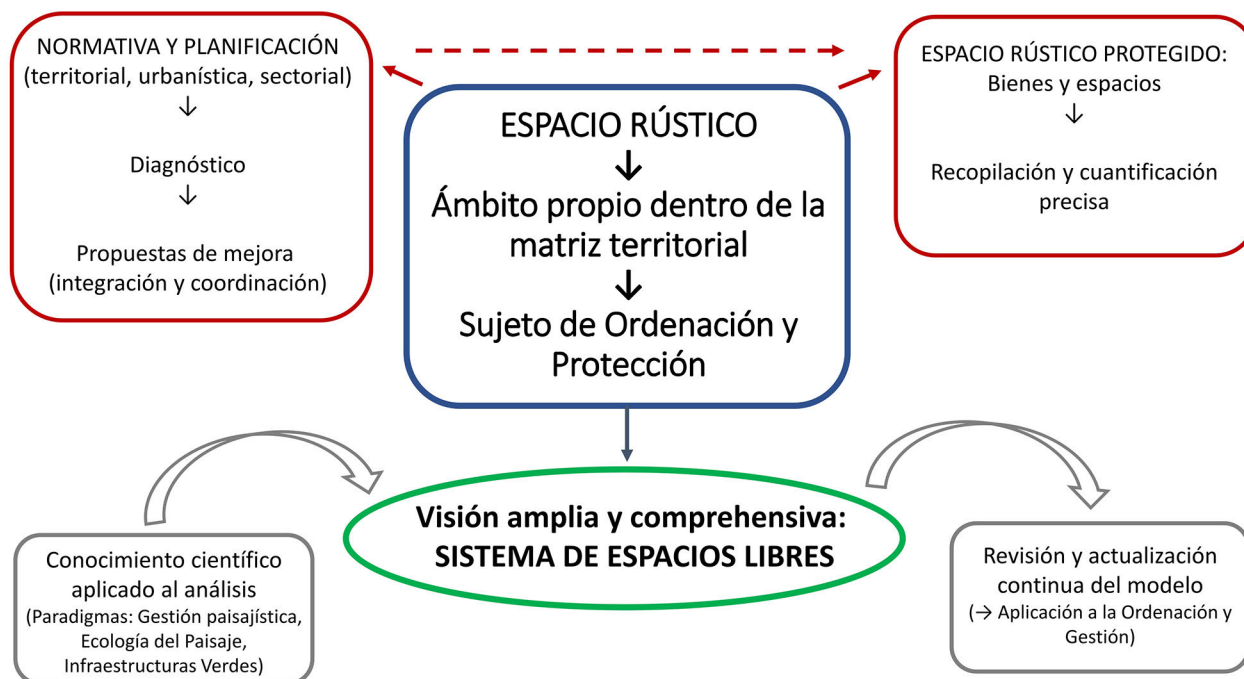
El trabajo pretende mostrar de manera clara y sistemática las claves para entender la configuración territorial y la ordenación del espacio rústico andaluz. En concreto, los objetivos planteados son los siguientes:

- Aportar una visión actualizada e integradora del espacio rústico como un sistema amplio de espacios libres, con diversidad de componentes, ejemplificándolo para el caso de Andalucía.
- Realizar una aproximación a las claves fundamentales para la ordenación y protección del espacio rústico andaluz, con especial referencia a novedades recientes, problemáticas y retos aún pendientes.
- Recopilar, desde una visión de conjunto, los espacios y bienes integrantes del espacio rústico protegido, a partir del manejo y análisis de los instrumentos definidos para ello.
- Establecer propuestas para una ordenación más coherente del espacio rústico, desde una visión sistémica e integradora como espacio libre territorial.

2. Metodología

El trabajo responde a la necesidad de aportar una visión global del espacio rústico o espacio libre, en tanto que componente propio y diferenciado del gran sistema territorial. Dicha visión se pretende ofrecer, además, desde la geografía, de manera que, tomando como referencia ineludible de análisis el territorio (de carácter rústico), se consideren específicamente aquellos instrumentos e iniciativas orientados a su ordenación, preservación o mejora. Este acercamiento global a una realidad tan amplia constituye, en sí, una pretensión muy ambiciosa y sobre la que además no existe un desarrollo metodológico claro (Maruani & Amit-Cohen, 2007). Por ello se ha considerado pertinente plantear un esquema metodológico de análisis (Figura 1) que, si bien se aplica al caso de Andalucía, puede resultar extrapolable a cualquier otro contexto territorial (regional, e incluso a escalas de mayor detalle, subregional e, incluso, local).

Figura 1. Síntesis del esquema metodológico de análisis



Elaboración propia

¹ Parcialmente modificada mediante Decreto-ley 11/2022, de 29 de noviembre.

El esquema tiene como fundamento la visión del espacio rústico como sujeto propio de ordenación. Para ello, ha de partirse primeramente del análisis detallado del propio espacio rústico, lo que, según el modelo propuesto, puede fundamentarse en dos grandes vectores: iniciativas reguladoras y planificadoras de incidencia sobre él (tanto territoriales y urbanísticas como sectoriales), por una parte, y aquellas más específicamente centradas en la protección de bienes y espacios localizados en él, por otra. Pero el análisis debe acompañarse, además, de un diagnóstico, con identificación de retos y propuestas de mejora, con el horizonte final de la configuración del espacio rústico como un sistema coherente e integrado de espacios libres. Como referencia para ello, el análisis ha de estar permanentemente apoyado en el conocimiento científico, en las aportaciones y novedades relativas a los enfoques y métodos para el estudio y manejo del espacio rústico (véase bibliografía), lo que debe permitir el necesario proceso de revisión y actualización continua del modelo territorial y su traslación a la ordenación y gestión, objetivo final de un trabajo geográfico que pretenda ser propositivo y proactivo.

La aplicación de esta secuencia analítica al caso de estudio (Comunidad Autónoma de Andalucía) se ha apoyado en el manejo de fuentes de información variadas, a tenor de la amplitud y diversidad de políticas e instrumentos de incidencia sobre el espacio rústico. Además de la bibliografía (tanto de carácter epistemológico y metodológico, como la relativa al caso andaluz), se ha recurrido a fuentes oficiales de diferente carácter —normativas, planificadoras, estadísticas y cartográficas (Tabla 1)—, lo que ha posibilitado la recopilación y sistematización de iniciativas e instrumentos, principalmente en lo concerniente a la protección de bienes y espacios, permitiendo con ello la obtención de una imagen globalizadora y de conjunto del espacio rústico no disponible hasta ahora.

Tabla 1. Fuentes empleadas para la investigación sobre el espacio rústico (a escala regional): tipos básicos y aplicación al caso de estudio

Tipo de fuente	Fuente específica (Andalucía)
Legislación territorial y urbanística	- Ley de Ordenación Urbanística de Andalucía (LOUA) (2022), Ley de Impulso a la Sostenibilidad Territorial de Andalucía (LISTA) (2021) y Reglamento de la LISTA (2022)
Legislación sectorial (de incidencia directa sobre el espacio rústico): forestal, vías pecuarias, aguas, caza	- Ley Forestal de Andalucía (1992) - Decreto de Vías Pecuarias de Andalucía (1998) - Ley de Aguas de Andalucía (2010) - Decreto de Caza de Andalucía (2017)
Planificación territorial: regional y subregional	- Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía (POTA) (2006) y Documento de revisión del POTA (2024) - Planes de Ordenación del Territorio de Ámbito Subregional (17 aprobados)
Estrategia sobre infraestructura verde	- Plan Director para la Mejora de la Conectividad Ecológica en Andalucía (2018)
Bases de datos sobre patrimonio protegido (natural y cultural)	- Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA) (actualización permanente) - Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz (CGPHA) (actualización permanente)
Bases de datos sobre bienes de dominio público (vías pecuarias; montes públicos; Dominio Público Marítimo-Terrestre (DPMT); Dominio Público Hidráulico (DPH))	- Estadísticas de vías pecuarias de Andalucía (actualización anual) - Catálogo de Montes Públicos de Andalucía (actualización recurrente; la más reciente de 2023) - Visor SIG del Dominio Público Marítimo-Terrestre (actualización permanente) - Dominio Público Hidráulico (DPH) Cartográfico (actualización permanente)
Bases de datos sobre Reservas Naturales Fluviales	- Cartografía nacional de Reservas Naturales Fluviales (actualización permanente) - Planes hidrológicos de cuenca (actualización por ciclos)
Bases de datos sobre Reservas de Caza	- Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Web Map Service (WMS)-Web Feature Service (WFS) Terrenos cinegéticos de Andalucía vigentes (actualización permanente)
Zonas sometidas a riesgos naturales (inundación)	- Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) de las Demarcaciones Hidrográficas, 1º y 2º ciclo
Inventarios territorializados de bienes o espacios singulares	- Inventario de Humedales de Andalucía (actualización permanente) - Inventario de Árboles y Arboledas Singulares de Andalucía (2003) - Inventario Andaluz de Georrecursos (2011)
Cartografía digital (SIG)	- Datos Espaciales de Referencia para Andalucía (DERA) - REDIAM (Red de Información Ambiental de Andalucía)
Bibliografía especializada (identificada mediante búsqueda en Google Scholar y mediante la herramienta de IA Consensus)	-

Elaboración propia

3. Resultados

3.1. La visión y regulación del espacio rústico en Andalucía: marco general y novedades

Un hito fundamental para la regulación del territorio andaluz y, por ende, de su espacio rústico, ha venido dado por la unificación legislativa en materia de régimen del suelo, ordenación territorial y urbanística que ha supuesto la LISTA, aprobada en 2021. Esta nueva norma derogaba las antiguas leyes en la materia (Ley 1/1994, de 11 de enero, de Ordenación del Territorio de Andalucía [LOTA], y Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía [LOUA]), introduciendo novedades en la planificación y regulación del uso del suelo. Resulta, por ello, de especial interés ofrecer una síntesis de la regulación del espacio rústico tal como ha resultado tras el proceso de unificación y actualización normativa.

En el caso de la ordenación territorial, la LISTA no ofrecía grandes novedades con respecto a la LOTA, definiendo un marco similar (Tabla 2), aunque más desarrollado en ciertos aspectos de interés para el espacio rústico. Es el caso, por ejemplo, de los principios de la ordenación territorial (no incluidos en la ley anterior), así como la incorporación de una serie de directrices para la protección del paisaje, explicitándose (artículo 37.1) que ello se hace desde la visión holística y territorial formulada por el Convenio Europeo del Paisaje del año 2000 (Mata & Ferrer, 2021). Se establece la necesidad de formular estrategias y directrices para la adopción de medidas de protección y gestión paisajística, que habrán de incorporarse a los instrumentos de ordenación (aunque ni en la Ley ni en el Reglamento se concreta cómo hacerlo, más allá de señalar que deberán apoyarse en la elaboración previa de *Catálogos de Paisaje* —para los que tampoco se especifica su ámbito territorial—).

Tabla 2. Aspectos básicos de la regulación normativa del espacio rústico desde la ordenación territorial (LISTA, 2021)

Aspectos clave	Determinaciones específicas
Principios de la ordenación territorial (art. 33)	- La utilización racional de los recursos naturales, desde la perspectiva de la sostenibilidad social, ambiental y económica - La utilización racional de los espacios de especial valor agrícola, ganadero, forestal, ecológico o cultural, preservándolos de instalaciones, actividades o usos incompatibles con su naturaleza y coadyuvando a la protección de la biodiversidad - La preservación del patrimonio natural y cultural, como componente básico de la estructura territorial y para su puesta en valor como recurso de desarrollo local y regional
Determinaciones para la protección del paisaje (arts. 37-38)	- Los instrumentos de ordenación establecerán determinaciones para preservar los paisajes y mejorar su calidad y percepción, según varios criterios - Entre estos criterios destaca el mantenimiento del carácter y condiciones de visibilidad de los paisajes de mayor valor y especialmente: los agropecuarios tradicionales, los abiertos y naturales, las perspectivas de los conjuntos históricos y de los elementos patrimoniales y el entorno de los recorridos escénicos
Instrumentos de ordenación territorial (arts. 39-47)	- Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía - Planes de Ordenación del Territorio de ámbito subregional
Planes y actuaciones con incidencia en la ordenación del territorio (arts. 48-52)	- Planes con incidencia en la ordenación del territorio - Actuaciones de Interés Autonómico (incluyendo la aprobación de un Proyecto de Interés Autonómico cuando las actuaciones así declaradas precisen de desarrollo urbanístico) - Actuaciones con incidencia en la ordenación del territorio (no incluidas en instrumentos de planificación)

Fuente: LISTA. Elaboración propia

En cuanto al marco planificador definido, muy parecido al existente desde 1994, se articula según una estructura jerárquica (Tabla 2). Se diferencia entre planes territoriales generalistas (de escala regional y subregional) e instrumentos sectoriales (o de *incidencia en la ordenación del territorio*), afectando todos ellos a la ordenación del espacio rústico. En el caso de los instrumentos (planes) y proyectos (actuaciones) sectoriales, regulados cada uno por su legislación específica, el control de su impacto sobre el suelo rústico se ve garantizado tanto por su necesaria coherencia con la planificación territorial como por la exigencia de un Proyecto de Actuación Autonómico (en el caso de las actuaciones de mayor relevancia y proyección, que requieran una urbanización). Por su parte, en los planes territoriales la regulación del espacio rústico resulta muy dispar, según el carácter de cada uno de los instrumentos considerados (regionales y subregionales):

- El Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía (POTA) (Junta de Andalucía, 2006) se conforma como el instrumento planificador de máxima potencia jerárquica, referente para el conjunto de planes territoriales (subregionales), sectoriales y urbanísticos, pero adolece de un sesgo genérico que se ve reflejado en su regulación del medio rústico. Entre los aspectos más destacados al respecto se encuentran:
 - a) La zonificación global de Andalucía en cuatro grandes *dominios territoriales* (Sierra Morena-Los Pedroches; Valle del Guadalquivir; Sierras y Valles Béticos; Litoral), definidos según el doble criterio básico de la base físico-natural (principalmente de carácter geomorfológico) y su relación con los grandes usos del suelo. Esta zonificación no va más allá de constituir un referente genérico para el establecimiento de grandes directrices de utilización del territorio, con escasa incidencia efectiva en la planificación jerárquicamente inferior.
 - b) Definición de un *sistema hidrológico-hidráulico*, integrado por la red hidrográfica, zonas húmedas, embalses, acuíferos y aguas costeras. Para cada uno de estos componentes, el POTA, además de lo establecido en las respectivas legislaciones sectoriales, plantea directrices para su mejor gestión territorial, que han de ser asumidas por la planificación jerárquicamente inferior.
 - c) Definición de un *sistema de prevención de riesgos naturales y tecnológicos*, respecto de los que el POTA establece la obligatoriedad de que los planes territoriales subregionales y los planes urbanísticos incorporen las delimitaciones de las zonas afectadas por algún tipo de riesgo, diferenciadas según grado de peligrosidad.
 - d) Definición de un *sistema de patrimonio territorial*, que pretendía integrar la totalidad de los bienes y espacios patrimoniales (principalmente —aunque no solo— los que gozasen de reconocimiento y protección legal), gran parte de los cuales, sobre todo los de carácter natural, se localizan en medio rústico. Pese a la novedad e interés de la iniciativa (Zoido, 2010), su excesiva ambición e inconcreción —en aspectos como el listado preciso de elementos integrantes o los medios para su gestión— repercutieron en su inaplicación práctica (Mulero, 2015).
- Por su parte, la regulación del espacio rústico en los Planes de Ordenación del Territorio de Ámbito Subregional (POTS) evidencia, lógicamente, un mayor nivel de concreción. En los 17 POTS aprobados hasta la fecha, el aspecto más destacado de su regulación ha estribado en la definición de una serie de *zonas de protección*, diferenciándose al respecto entre las *zonas de protección ambiental* (aquellos espacios o bienes naturales ya protegidos por su legislación específica) y *zonas de protección territorial* (aquellos otros ámbitos, de interés natural y paisajístico, que protegen los POTS mediante una regulación normativa), debiendo ser clasificadas todas ellas como suelo rústico protegido por el planeamiento urbanístico general. Junto a ellos, en el caso de los bienes del patrimonio cultural (muchos de ellos también localizados en suelo rústico), los POTS dotan asimismo de protección a numerosas edificaciones de interés territorial (que igualmente se unen a los bienes y espacios previamente protegidos, incluidos en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz [CGPHA]). Junto a este sistema dual de protección, otras aportaciones de los POTS respecto del medio rústico son:
 - a) La definición de los denominados *sistemas o redes de espacios libres*², de ámbito supramunicipal, integrados por distintos tipos de equipamientos —de bajo impacto y vinculados a recursos naturales, culturales o paisajísticos de interés— concebidos para facilitar el esparcimiento de la población al aire libre.
 - b) El establecimiento de directrices y recomendaciones para la mejora del espacio rústico, incluyendo criterios concretos de adecuación ambiental y paisajística para edificaciones e instalaciones de uso agrario, caminos rurales, equipamientos públicos y de carácter turístico que se autoricen, o para actividades extractivas, entre otras.
 - c) La determinación de las zonas sujetas a riesgos (esencialmente de inundaciones). A este respecto, los POTS han delimitado *zonas cautelares* —a las que los planes aplican una protección territorial—, previa a la delimitación definitiva por parte de las administraciones competentes en cada caso, todo lo cual deberá ser incorporado por los planes urbanísticos de los municipios concernidos, clasificando los terrenos afectados como suelo rústico protegido.

2 Denominación que puede inducir a confusión con la acepción de espacio libre territorial (coincidente con el espacio rústico) por la que se aboga en esta aportación y, por ello, con la acepción de sistema de espacios libres como el conjunto de componentes diferenciados —e interrelacionados— que integran el espacio rústico.

Además de lo relativo a la planificación, la regulación del espacio rústico se ve también afectada por el nuevo régimen del suelo establecido por la LISTA, que, como se apuntó, resulta ya conforme con la más reciente legislación española del suelo. Se incorpora así la definición de dos clases básicas de suelo, *suelo urbano* (SU) y *suelo rústico* (SR), lo que ha supuesto la superación de las tres situaciones tradicionales (suelo urbano, urbanizable y no urbanizable) que estaban vigentes desde la LOUA de 2002. En cuanto al régimen del SR, destacan dos aspectos principales (Tabla 3):

- a) Por una parte, la diferenciación entre el SR común y el SR protegido o preservado. Respecto de este último la LISTA detallaba —más que la Ley anterior— varias situaciones específicas.
- b) Por otra, en el caso de los usos y actividades en SR, la LISTA introducía como novedad la diferenciación entre *actuaciones ordinarias* (de carácter esencialmente agrario) y *extraordinarias*, contemplándose, entre estas, iniciativas de distinto tenor (no necesariamente relacionadas con la explotación de los recursos naturales), que gocen de interés público o utilidad social, incluyéndose, por primera vez, la posibilidad de autorizar viviendas unifamiliares aisladas no vinculadas a los usos agrarios. La regulación de las actuaciones extraordinarias ha generado cierta preocupación ante los posibles impactos que pueda generar en SR (Núñez, 2021; Saiz, 2021), sobre todo en aquellos terrenos no sujetos a un régimen de protección específico, como se expondrá en el epígrafe 3.3.

Tabla 3. Regulación básica del suelo rústico en la LOUA (2002) y en la LISTA (2021)

LOUA	LISTA
Suelo no urbanizable (SNU): - SNU de especial protección por legislación específica - SNU de especial protección por planificación territorial o urbanística - SNU de carácter natural o rural - SNU de hábitat rural diseminado	Suelo rústico (SR): - SR especialmente protegido por legislación sectorial (dominio público, protección del medio ambiente, de la naturaleza, del patrimonio histórico u otras análogas) - SR preservado por la existencia acreditada de procesos naturales o actividades antrópicas susceptibles de generar riesgos - SR preservado por la ordenación territorial o urbanística (por la presencia de valores ecológicos, agrícolas, ganaderos, forestales, paisajísticos, o los que deban ser reservados para usos de interés general) - SR común (resto del SR de un término municipal)
Régimen del SNU: - Se permitirá la utilización y explotación agrícola, ganadera, forestal, cinegética o análoga a la que estén efectivamente destinados los terrenos - Con carácter excepcional podrán permitirse la realización de obras, construcciones, edificaciones o instalaciones y el desarrollo de usos y actividades que sean declaradas <i>actuaciones de interés público</i>, siempre que no se encuentren prohibidos por el planeamiento territorial o urbanístico y sean compatibles con el régimen de protección que, en su caso, resulte de aplicación	Régimen del SR: - En los SR especialmente protegidos y preservados, los usos deberán resultar conformes al régimen que se establezca en la legislación y ordenación sectorial, territorial y urbanística correspondiente - No podrá inducirse la formación de nuevos asentamientos - Se diferencia entre actuaciones ordinarias y actuaciones extraordinarias: a) Ordinarias Comprende los usos agrarios, mineros y cualquier otro vinculado a la utilización racional de los recursos naturales que no supongan la transformación de su naturaleza rústica También la ejecución de infraestructuras, instalaciones o servicios que deban localizarse en esta clase de suelo b) Extraordinarias Podrán autorizarse siempre que no están expresamente prohibidas por la legislación u ordenación aplicable Incluyen usos y actuaciones de interés público y social que contribuyan a la ordenación y desarrollo del medio rural o que hayan de emplazarse en esta clase de suelo. Entre esos usos se encuentran: industriales, terciarios, turísticos, edificaciones, viarios, infraestructuras, edificaciones residenciales (vinculadas a los usos anteriores) y viviendas unifamiliares aisladas

Fuente: LOUA (2002) y LISTA (2021). Elaboración propia

Una última regulación de interés incluida en la LISTA es la relativa a las edificaciones irregulares localizadas en SR. La Ley asumía en lo esencial lo dispuesto en una normativa previa (Decreto-Ley 3/2019, de medidas urgentes para la adecuación ambiental y territorial de las edificaciones irregulares en la Comunidad Autónoma de Andalucía), que definía toda una serie de medidas orientadas a tratar de ofrecer una respuesta realista y efectiva a un problema que desde finales del siglo XX venía adoleciendo de gran alcance e impacto en Andalucía, ya que se han estimado en torno a 300.000 las edificaciones en esta situación (Medina, 2020), muchas de las cuales se localizan en el marco de parcelaciones urbanísticas (López & Mulero, 2021). Tres aspectos básicos cabe destacar de esta regulación:

- La definición de la situación de *asimilado a fuera de ordenación* (AFO), aplicable a las edificaciones, consideradas individualmente, que se encontrasen terminadas, respecto de las que no se pudiese adoptar ninguna medida de restablecimiento de la legalidad, al haber transcurrido el plazo legal de seis años —desde la finalización de las obras— para ello (artículo 153.1 de la LISTA). El AFO no supone la legalización, sino tan solo el reconocimiento de que la edificación reúne las condiciones mínimas de seguridad y salubridad, pudiendo autorizarse el acceso a servicios básicos (siempre que no se precisasen más obras que de acceso a las redes), así como cambios de usos (compatibles con la ordenación existente) y obras de conservación y reforma (que no implicasen incremento de la ocupación y volumen edificado).
- La posibilidad de aprobar *Planes Especiales de Adecuación Ambiental y Territorial* de edificaciones irregulares, para identificar agrupaciones de tales edificaciones y adoptar medidas de mejora (adecuación paisajística, dotación de servicios básicos, prevención de nuevas edificaciones, etc.), salvo en ámbitos que contasen ya con una ordenación detallada aprobada. En todo caso, la aprobación de estos Planes no impide que se pudiese restituir la legalidad en aquellas edificaciones (individuales) para las que no hubiese transcurrido el plazo legal.
- La previsión de la posible incorporación al planeamiento urbanístico de agrupaciones de edificaciones irregulares, principalmente de aquellas para las que se hubiese aprobado un Plan Especial. La posibilidad de incorporación (y, por tanto, de legalización) se halla, no obstante, limitada a las agrupaciones que fuesen compatibles con el modelo territorial y urbanístico (para lo que su no localización en SR protegido y la contigüidad —o gran proximidad— con el SU resulta un criterio decisivo), mediante un proyecto de urbanización.

Al margen de la regulación contenida en la LISTA, la ordenación y protección del SR en Andalucía se ve también directamente influida por otros instrumentos, que pueden englobarse bajo el paraguas de instrumentos de carácter sectorial. En la Tabla 4 se ofrece una recopilación, ceñida a aquellos que cuentan con herramientas de ordenación o planificación de incidencia directa sobre el propio medio rústico.

Tabla 4. Otros instrumentos de incidencia directa en la ordenación y protección del espacio rústico andaluz

Legislación	Planificación (principales instrumentos)
Espacios Naturales Protegidos (ENP) - Legislación estatal (Ley 42/2007) - Legislación andaluza (Ley 2/1989)	Planes de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) Planes Rectores de Uso y Gestión (PRUG) Planes de Gestión (Red Natura 2000)
Aguas - Legislación estatal (Real Decreto 1/2001) - Legislación andaluza (Ley 9/2010)	Planes Hidrológicos de demarcación Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI)
Costas - Legislación estatal (Ley 2/2013)	Reglamento de Costas
Vías pecuarias - Legislación estatal (Ley 3/1995) - Legislación andaluza (Decreto 155/1998 → Reglamento)	Plan de Ordenación y Recuperación de las Vías Pecuarias de Andalucía
Forestal - Legislación estatal (Ley 43/2003) - Legislación andaluza (Ley 2/1992)	PORN forestales (no elaborados) Proyectos de Ordenación de Montes o Planes Técnicos
Caza - Legislación estatal (Ley 1/1970) - Legislación andaluza (Decreto 126/2017 → Reglamento)	Planes de caza por áreas cinegéticas (solo aprobado para Alcornocales) Planes Técnicos de Caza

Elaboración propia

Junto a estos instrumentos, debe destacarse también el *Plan Director para la Mejora de la Conectividad Ecológica en Andalucía*, conformado como una estrategia de infraestructura verde (IV) para esta región (Junta de Andalucía, 2018), incluso con anterioridad a la aparición de la estrategia nacional. Se trata de una iniciativa de escasa difusión hasta la fecha y carente de un carácter normativo, pero de particular interés, lo que se explica tanto por su escala regional, su incidencia directa sobre el espacio rústico y su carácter aglutinador de otras iniciativas, sobre todo la protección de espacios naturales, como se expondrá en el epígrafe siguiente.

3.2. Bienes y espacios integrantes del espacio rústico protegido: recopilación y estructuración

Tras la exposición del marco general de regulación y ordenación del espacio rústico o libre en Andalucía, en este epígrafe el foco se orienta específicamente a aquel sujeto a protección por sus especiales valores. Ello

se justifica por la concepción —expuesta en la Introducción— de la entidad propia y relevancia del espacio rústico o espacio libre —en el marco general del territorio y frente al espacio ocupado—, y la consiguiente necesidad de su defensa y preservación.

Debe destacarse, como hecho primordial, la cantidad de iniciativas e intervenciones orientadas a dicha preservación, de diferente carácter y proyección territorial (Tabla 5). La pretensión de recopilación y sistematización que aquí se persigue —desde el enfoque de globalidad en la visión del espacio libre— resulta compleja, por la disparidad señalada, pero también por el frecuente solapamiento territorial entre instrumentos e iniciativas, que imposibilita la cuantificación superficial exacta de su alcance, a lo que también contribuye el grado de detalle de muchas iniciativas (excesivo para un trabajo como este, planteado a escala regional). Por ello, más allá de dicha cuantificación del impacto territorial (que solo será posible en algún caso), se ofrecerá una recopilación tipológica y exposición de las casuísticas clave en cada caso.

Tabla 5. Instrumentos para la protección de bienes y espacios del espacio rústico o espacio libre en Andalucía

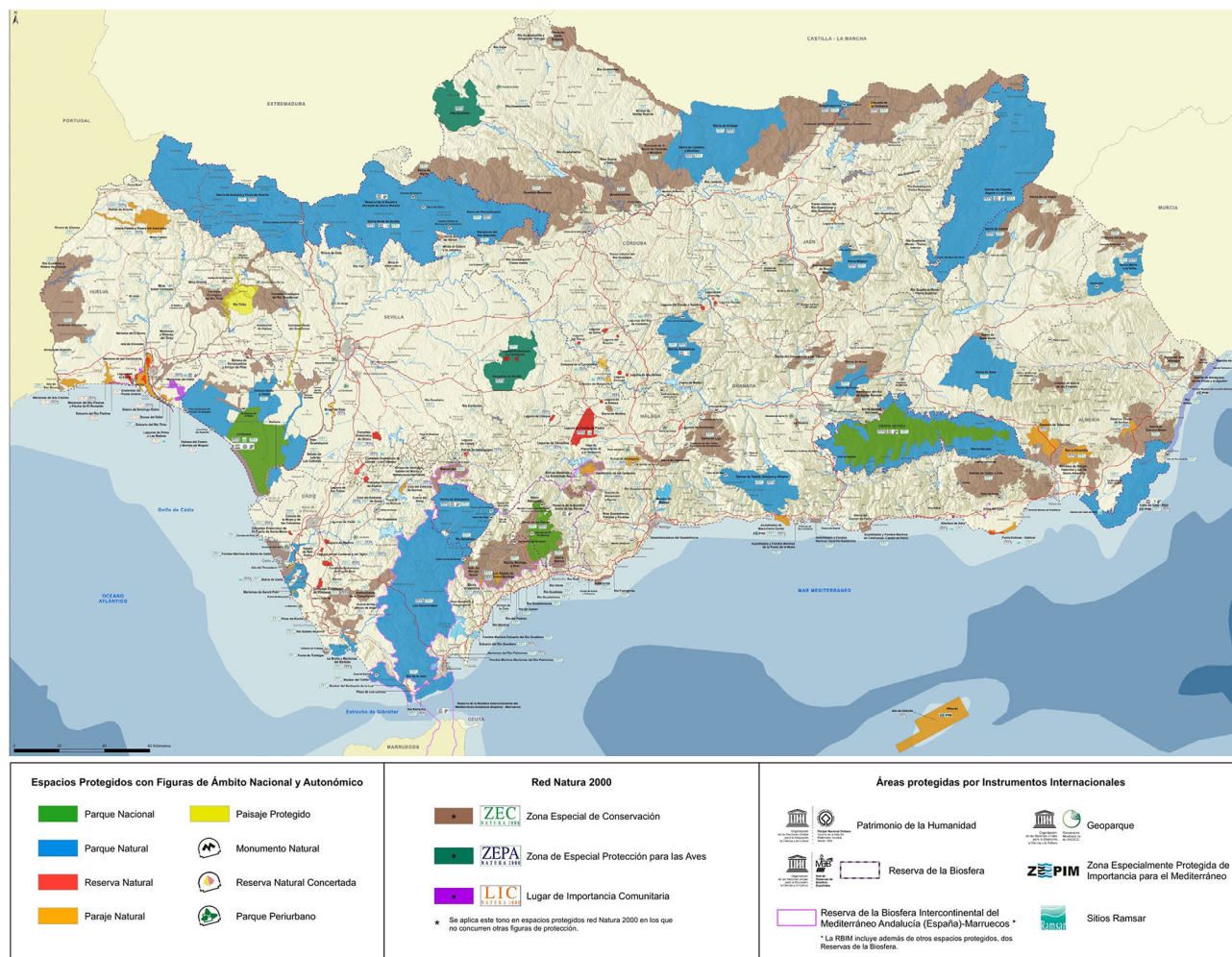
Tipo de instrumento	Instrumentos específicos
Espacios naturales protegidos (RENPA)	- Figuras derivadas de la legislación estatal: Parque Nacional, Reserva Natural, Monumento Natural, Paisaje Protegido - Figuras derivadas de la legislación autonómica: Parque Natural, Paraje Natural, Parque Periurbano, Reserva Natural Concertada - Red Natura 2000: Zonas de Especial Conservación (ZEC) y Zonas de Especial Conservación para las Aves (ZEPA) - Figuras internacionales: Patrimonio Mundial, Reservas de la Biosfera, Geoparques, Humedales Ramsar, Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo (ZEPIM)
Bienes culturales protegidos	- Catálogo General Patrimonio Histórico Andaluz (CGPHA): bienes de Catalogación General y BIC (figuras con incidencia sobre el espacio rústico: Monumento, Zona Arqueológica, Jardín Histórico, Sitio Histórico, Lugar de Interés Etnológico, Lugar de Interés Industrial, Zona Patrimonial) - Figuras internacionales: Patrimonio Mundial
Dominios públicos	- Dominio Público Hidráulico (DPH) (y sus zonas de servidumbre y de protección) - Dominio Público Marítimo-Terrestre (DPMT) (y sus zonas de servidumbre: tránsito, acceso y protección) - Vías pecuarias - Catálogo de Montes Públicos de Andalucía
Protección de recursos hídricos	- Reservas Naturales Fluviales (RNF)
Protección de recursos cinegéticos	- Reservas Andaluzas de Caza (RAC)
Zonas sujetas a riesgos naturales	- Zonas cautelares (Planes de Ordenación del Territorio de Ámbito Subregional, POTS) - Delimitación de zonas inundables (incluida en los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación —por demarcaciones hidrográficas—)
Zonas protegidas por planificación territorial (POTS)	- Zonas de protección territorial - Elementos culturales y edificaciones de interés territorial
Zonas protegidas por planificación urbanística	- SR protegido

Elaboración propia

La estructura básica para la preservación del espacio rústico la constituye la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA), lo que se explica a tenor de su extraordinaria extensión y complejidad, que la configura como uno de los principales sistemas regionales de áreas protegidas de Europa (Garzón, 2016). Como se observa (Figura 2), el protagonismo superficial muy mayoritario ha correspondido a la figura de Parque Natural, en función de su carácter multifuncional y gran aplicabilidad a ámbitos rurales, principalmente de montaña, de extraordinarios valores ambientales. A ello se añade la sustancial ampliación más reciente asociada a la implantación de la Red Natura 2000, principalmente mediante la declaración de Zonas de Especial Conservación (ZEC), que ha contribuido a incrementar la conectividad entre áreas protegidas preexistentes (Mulero, 2018), principalmente en Sierra Morena. La delimitación precisa de las áreas protegidas y la definición de regímenes de ordenación y gestión (frecuentemente ligados a la aprobación de instrumentos propios de planificación, si bien con importantes dificultades en su desarrollo, como se expondrá en el epígrafe siguiente) explica que sea prácticamente el único tipo de iniciativa para la que se ha llevado a cabo la cuantificación de su incidencia superficial. La RENPA, en 2025, comprende

311 espacios que, excluyendo los casos de solapamiento territorial, se reducen a 249, que comprenden una superficie terrestre de 2.836.400,24 ha, coincidente con el 32,38 % del territorio andaluz.

Figura 2. Espacios integrantes de la RENPA (2025)



Fuente: Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente. Portal Ambiental de Andalucía. (s.f.).
Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA)

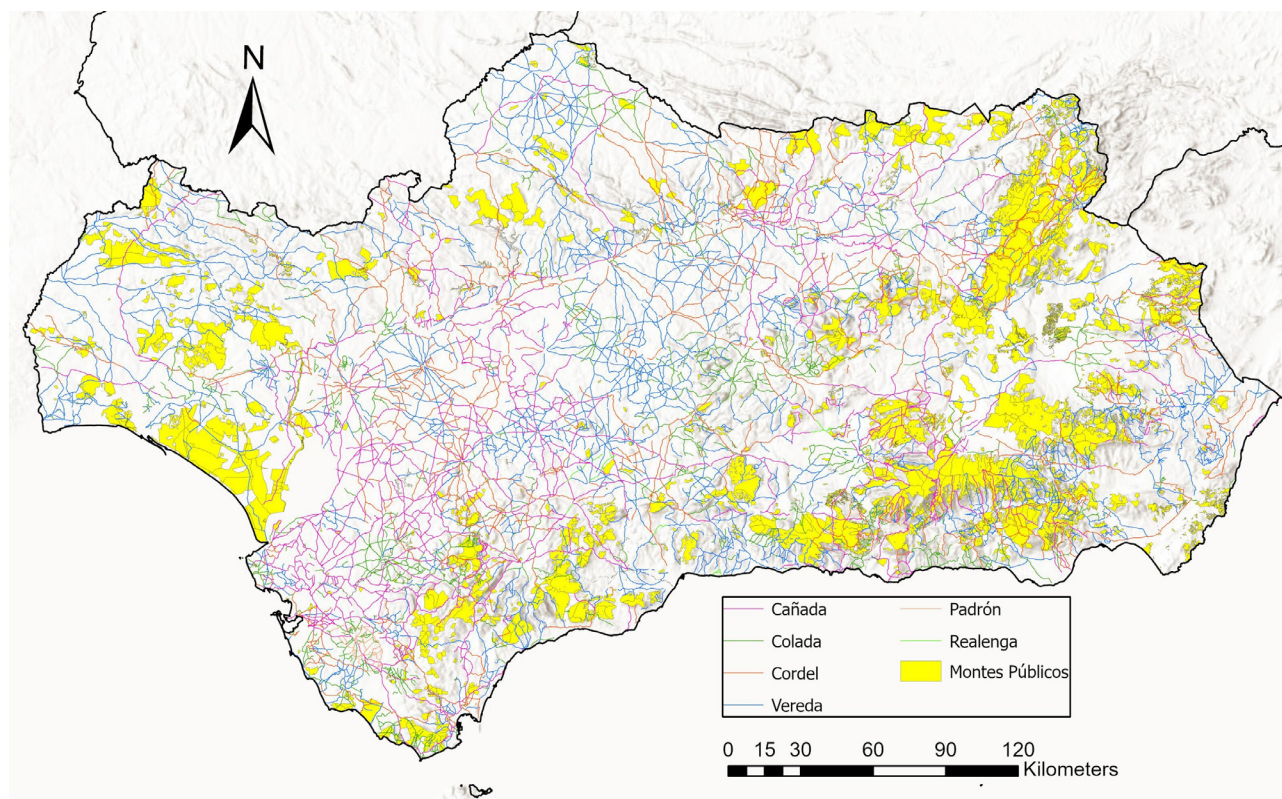
Una importante proporción del espacio rústico andaluz se encuentra, pues, bajo régimen de protección por sus valores naturales, en forma de distintas figuras, según la singularidad de los espacios y bienes afectados. Pero, junto a la RENPA, existen otras formas de reconocimiento y protección de bienes y espacios de dominante natural. Un papel clave lo desempeñan los bienes de dominio público: Dominio Público Hidráulico (DPH) y Dominio Público Marítimo-Terrestre (DPMT) —con sus respectivas regulaciones protectoras y zonas de servidumbre contiguas—, vías pecuarias y montes públicos. Estos dos últimos son objeto de una recopilación específica —conformando el Inventario de Vías Pecuarias y el Catálogo de Montes Públicos de Andalucía respectivamente—, lo que implica una contabilización exacta (Tabla 6).

El Catálogo de Montes Públicos (previsto en el artículo 24 de la Ley Forestal andaluza) se configura como un inventario dinámico, en continua actualización (la última en 2021), que incluye montes patrimoniales y de dominio público. Estos últimos serán afectados como tales por la Administración ambiental cuando sirvan a un uso o servicio público o desempeñen funciones de protección y mejora de la calidad de vida o de defensa y restauración del medio ambiente, teniendo la consideración de SR de especial protección (artículo 27 de la Ley Forestal andaluza). No obstante, de manera un tanto sorprendente, el Catálogo de Montes Públicos no aporta datos globales sobre el régimen jurídico (patrimoniales o demaniales), debiendo consultar para ello las fichas individuales de cada monte.

En cuanto a las vías pecuarias, de extraordinario alcance territorial (Tabla 6), gozan igualmente de la consideración de SR de especial protección (artículo 39.1 del Reglamento andaluz de Vías Pecuarias). Se asegura el mantenimiento de su integridad superficial (mediante su deslinde y amojonamiento) y el desarrollo de los usos

compatibles (tránsito ganadero, uso público, fomento de la biodiversidad y la conectividad ecológica y otros que se establezcan por parte de los instrumentos de planificación por cuyo ámbito territorial discurran las vías).

Figura 3. Vías pecuarias y montes públicos catalogados en Andalucía



Fuente: Junta de Andalucía. Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (s.f.). *Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)*, secciones 9 (Comunicaciones) y 11 (Patrimonio). Elaboración propia

Un último tipo de espacio protegido vinculado al dominio público son las Reservas Naturales Fluviales (RNF), que habrán de contemplarse en los planes hidrológicos de demarcaciones hidrográficas, para preservar aquellos tramos de ríos —y, por ende, de DPH— con escasa o nula intervención humana (según lo establecido en el artículo 42 del Texto Refundido de la Ley de Aguas). Pese a que la legislación de aguas no se concreta nada respecto del régimen protector aplicable a las RNF, en los planes hidrológicos consultados (Tabla 6) se especifica que tal declaración supone un grado de salvaguarda mayor que la declaración como ENP, contemplándose la posibilidad —cuando resultase necesario— de prohibir las autorizaciones o concesiones que se solicitasen sobre el bien reservado, para impedir cualquier tipo de uso.

Otro componente de los espacios de dominante natural sujeto a protección se refiere a las zonas sometidas a riesgos. En Andalucía, entre los posibles riesgos naturales señalados por el POTA —inundaciones, sísmicos e incendios forestales (Junta de Andalucía, 2006)—, tan solo en el caso de los espacios inundables se ha procedido a una recopilación, en aras de su delimitación y la necesaria aplicación de una regulación y medidas de protección y defensa. Las zonas inundables (ZI) son recogidas en los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI), como instrumentos de desarrollo de los Planes Hidrológicos de demarcación, que incorporan una delimitación y cartografía, habiendo sido objeto de actualización entre el primer y segundo ciclo de la planificación hidrológica. Se distinguen tres tipos de zonas, asociadas a la probabilidad de inundación, según periodos de retorno establecidos por el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI): ZI con alta probabilidad (periodo: 10 años); ZI de probabilidad media u ocasional (100 años); y ZI de probabilidad baja o excepcional (500 años).

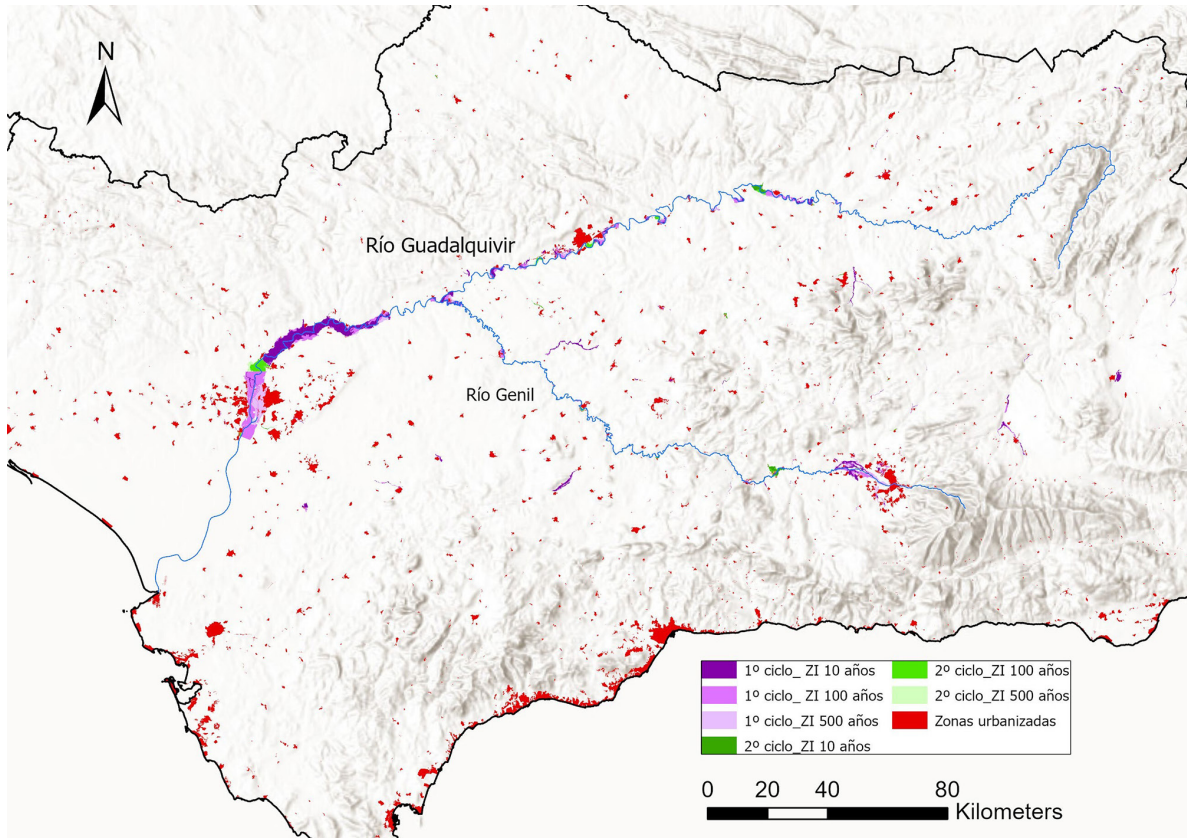
Las diferentes demarcaciones andaluzas incluyen la delimitación de las ZI, aunque tan solo para la del Guadalquivir se ha contado con una cartografía manejable mediante SIG (Figura 4). Sea como fuere, el ejemplo del Guadalquivir permite constatar la ampliación de las zonas inundables (ante los crecientes procesos de ocupación del espacio rústico que implican su impermeabilización), lo que ha de suponer un importante reto para la ordenación territorial y, más en particular, para el planeamiento territorial y urbanístico, que, según lo establecido por el POTA, debe incorporar la delimitación precisa y actualizada de las ZI.

Tabla 6. Bienes de dominio público con una contabilización específica en Andalucía (2025)

Instrumento	Contabilización
Catálogo de Montes Públicos	1.440 montes 1.265.212 ha
Inventario de Vías Pecuarias	- Vereda: 12.883 - Cañada: 7.800 - Cordel: 6.888 - Colada: 4.901 - Padrón: 186 - Realenga: 71 Total: 32.728 km
Reservas Naturales Fluviales	Cuenca del Guadalquivir: - Rivera de Huelva (47,97 km) - Río Guadalora (29,28 km) - Nacimiento del Genil (56,12 km) - Arroyo Bejarano (10,22 km) - Cabecera de los ríos Salobre y Arjonilla (36,62 km) - Río Montoro (31,65 km) - Río Guadalentín (30,95 km) Cuenca del Guadiana: - Rivera Grande de la Golondrina (20,18 km) Cuenca del Segura: - Río Segura desde cabecera hasta embalse de Anchuricas (47,84 km) - Río Tus (38,20 km) - Zumeta (38,19 km) - Arroyo de la Espínea (10,15 km)

Fuente: Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente (s.f.). *Catálogo de Montes Públicos de Andalucía*; Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente (s.f.). *Inventario de Vías Pecuarias de Andalucía*; MITECO (s.f.). *Planes hidrológicos de cuenca vigentes*. Elaboración propia

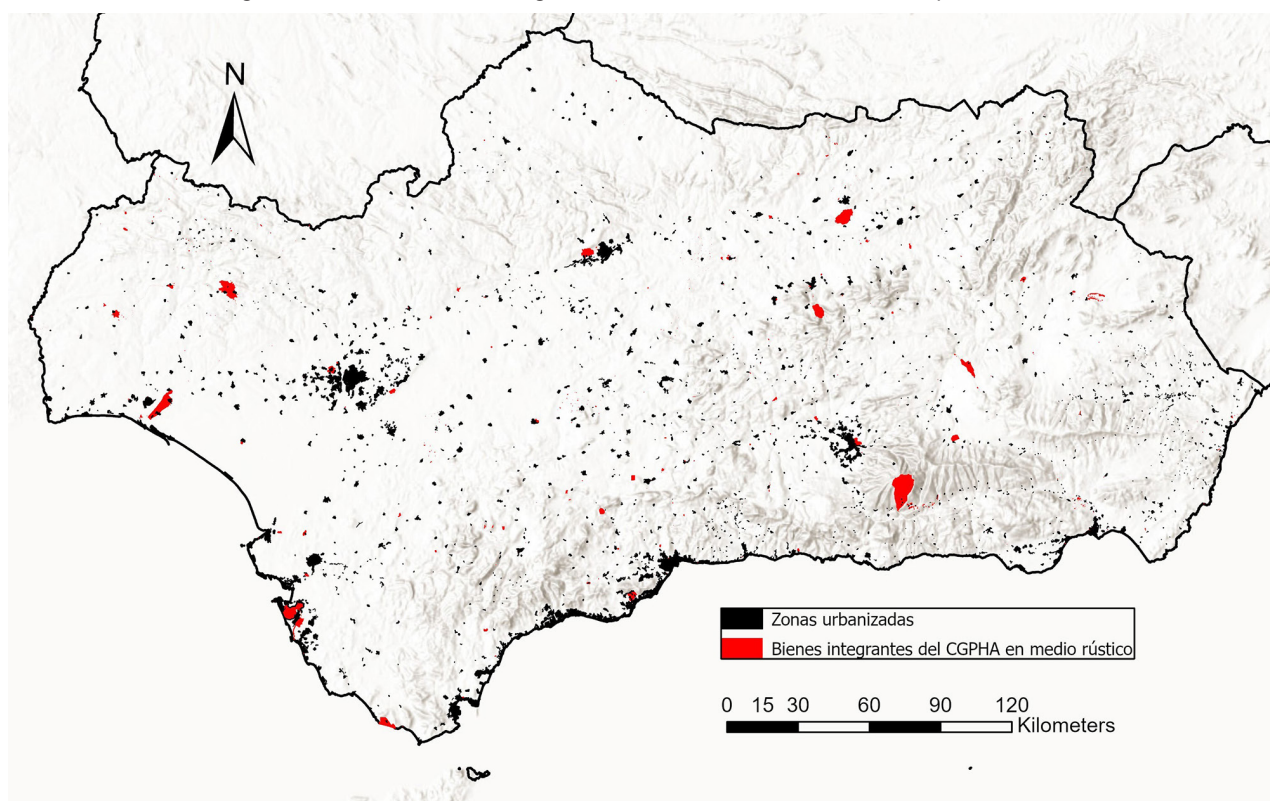
Figura 4. Zonas inundables reconocidas en la demarcación hidrográfica del Guadalquivir: primer y segundo ciclo hidrológico



Fuente: MITECO. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. (s.f.). *Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI)*. 1º y 2º ciclo. Elaboración propia

Junto a lo señalado, en el espacio libre andaluz también se localizan numerosos espacios y bienes culturales sujetos a un régimen legal de protección. Estos se corresponden con aquellos incluidos en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz (CGPHA), que, tal como se dispone en la legislación andaluza en la materia (Ley 14/2007, de 26 de noviembre), distingue entre bienes de Catalogación General y aquellos específicamente protegidos como Bienes de Interés Cultural (clasificados según diferentes tipologías). A comienzos de 2025, el número total de bienes incluidos en el CGPHA es de 4124, sin que exista una distinción de aquellos que se localizan específicamente en el espacio rústico. La cartografía digital disponible permite la localización, identificación y delimitación de estos (Figura 5), aunque no se acompaña, al menos hasta el momento actual, de su cuantificación superficial exacta. Una observación global de los BIC rústicos permite constatar la prevalencia de determinadas tipologías, como la de Monumento (aplicable a elementos constructivos dispersos de especial valor y relevancia morfológica) y las de Zona Arqueológica y Sitio Histórico (coincidentes por lo general con ámbitos más extensos, en ocasiones de notable proyección territorial).

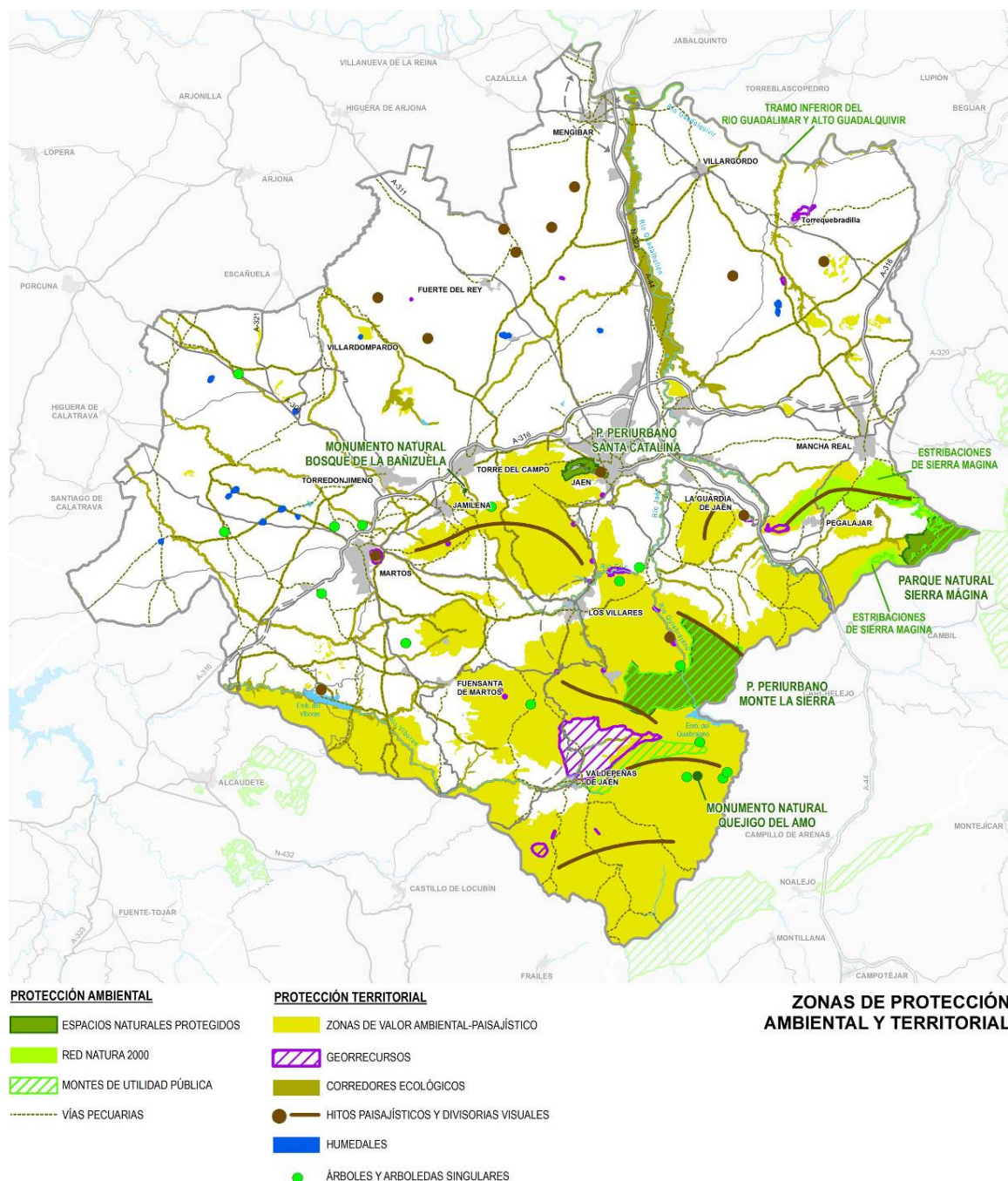
Figura 5. Bienes culturales integrantes del CGPHA localizados en el espacio rústico



Fuente: Junta de Andalucía. Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (s.f.). *Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)*, sección 11 (Patrimonio). Elaboración propia

Los espacios y bienes protegidos por su legislación específica (naturales y culturales) son recopilados por los POTS, que a su vez dotan de protección propia —de carácter *territorial*— a otros elementos. En el caso de los espacios naturales, los ya protegidos (ENP, bienes de dominio público y zonas sometidas a riesgos) son calificados en los POTS como *zonas de protección ambiental*, para diferenciarlas de las *zonas de protección territorial*. Estas últimas muestran una creciente diversidad y entidad; así, mientras que los primeros POTS limitaban esta protección a hitos naturales y paisajísticos específicos y sobresalientes, los planes más recientes otorgan cada vez mayor consideración a otros componentes del espacio libre, como espacios agrarios y forestales de relevancia paisajística y ambiental o corredores ecológicos, conformando verdaderas redes protectoras conjuntas (Figura 6). Se trata de una aportación muy interesante, a lo que contribuye la definición de un régimen normativo de protección desde los POTS, pero que también se ve limitada en su eficacia por ciertas carencias de fondo, como la ausencia de una visión proactiva en la regulación o la falta de integración de estas zonas con otras iniciativas más recientes planteadas sobre el espacio rústico, como es el caso, singularmente, de la Estrategia de IV (lo que se explica por la antigüedad y desactualización de gran parte de los POTS). En el caso del patrimonio cultural, la protección territorial se ha concretado en la recopilación desde los POTS de las denominadas *edificaciones de interés territorial*, coincidentes con elementos constructivos de carácter agrario y para las que los POTS establecen su necesaria catalogación por los instrumentos de planeamiento urbanístico general.

Figura 6. Protección territorial (recursos naturales y paisajísticos) en el POT de la Aglomeración Urbana de Jaén, el más reciente hasta la fecha



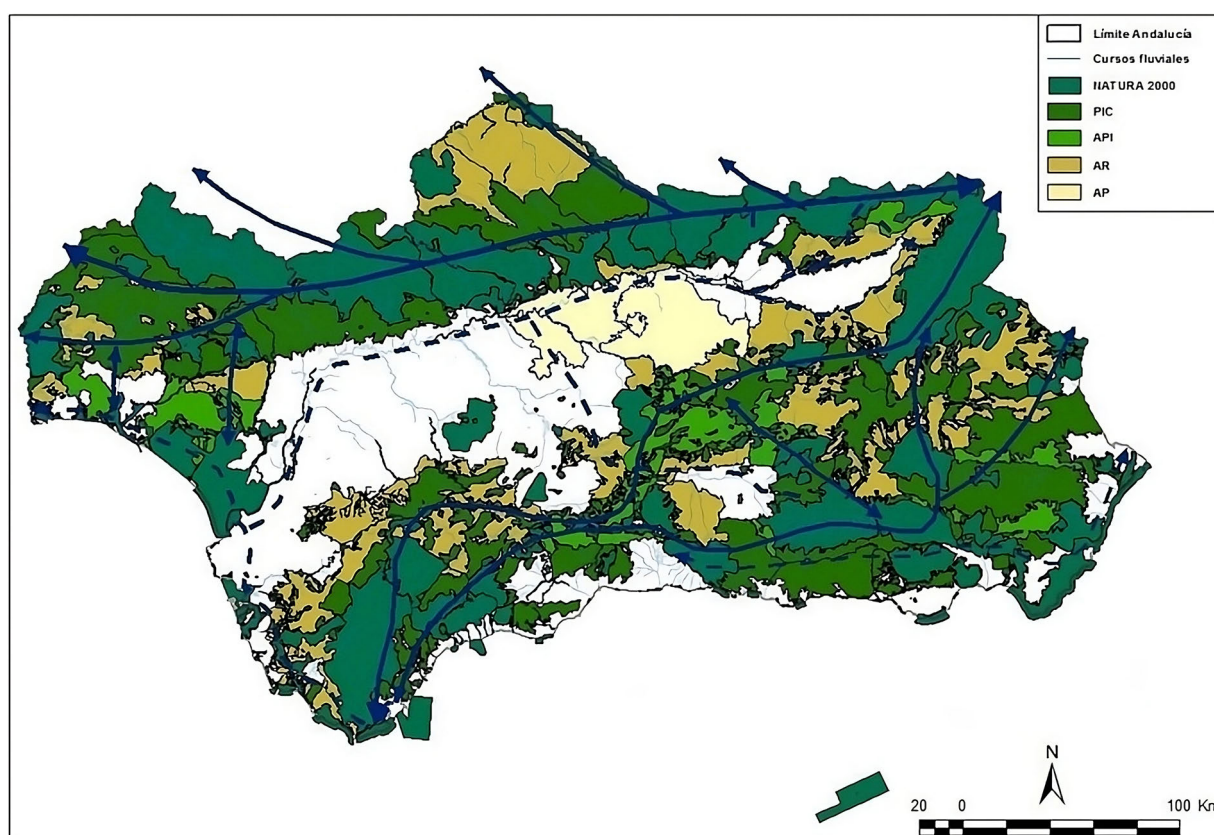
Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (2014)

En el caso de los suelos preservados por la planificación urbanística general, estos incluyen todos los anteriormente reseñados, además de los que los propios instrumentos urbanísticos puedan añadir, por la existencia de valores de diversa índole, tal como establece la LISTA (Tabla 3). Sin embargo, el importante retraso de la aprobación del planeamiento general (como se expondrá en el epígrafe siguiente) constituye aún una importante rémora.

Junto a todo lo anterior, cabe destacar, asimismo, respecto de la protección aplicable en el espacio libre andaluz, la existencia de diversos inventarios territorializados de bienes o espacios singulares (Humedales; Árboles y Arboledas Singulares; y Georrecursos), que posibilitan una recopilación y un reconocimiento de los bienes contenidos en ellos, aunque no suponen una protección adicional (más allá de que buena parte de ellos formen parte de la RENPA).

Tampoco aporta una protección de índole legal la Estrategia de IV de Andalucía. No obstante, se considera necesaria su inclusión en el análisis por su gran proyección sobre el espacio rústico, diseñando una auténtica estructura territorial articulada mediante una serie de áreas estratégicas, definidas según una jerarquía funcional para la conectividad (Figura 7), que incluye espacios protegidos como piezas fundamentales. De este modo, la IV básica estará constituida por tres tipos de áreas: *Áreas Ecológicas Funcionales*, las más importantes para la biodiversidad y constituidas como zonas núcleo de la IV, coincidentes con los espacios Red Natura 2000 y otras áreas protegidas de especial significación ecológica; *Paisajes de Interés para la Conectividad Ecológica* (PIC), claves para la interconexión funcional entre las áreas protegidas; y *Áreas Prioritarias de Intervención* (API), que permitirán conectar espacios de alto valor ecológico con déficits de conexión entre sí. Junto a ellas, la Estrategia propone asimismo impulsar la conectividad en otras zonas del espacio rústico: las *Áreas de Refuerzo* (AR), zonas agrarias extensivas que conservan componentes ecológicos que justifican la aplicación de estrategias de conectividad que refuercen a las áreas anteriores; y las *Áreas Piloto* (AP), coincidentes con algunas zonas del valle central del Guadalquivir, que, pese a su alta agrarización, presentan aun cierto potencial para desarrollar acciones demostrativas de mejora de la conectividad.

Figura 7. Infraestructura verde propuesta para el territorio andaluz



* Las flechas en el mapa se refieren a los ejes estratégicos de conectividad

Fuente: Junta de Andalucía, 2018

3.3. A modo de valoración crítica: principales retos e incertidumbres para la ordenación integrada y coherente del espacio rústico andaluz

En este tercer epígrafe del apartado de Resultados, se abordan algunos de los grandes desafíos actualmente planteados en el espacio rústico andaluz y, particularmente, en aquel sujeto a protección. Ello se hace desde una perspectiva analítica, pero al mismo tiempo crítica, tomando como referencia la visión globalizadora e integradora del espacio rústico entendido como un sistema de espacios libres y que, por ello, ha de contar con una ordenación y gestión coherentes.

A) Infraestructura verde

Desde esa visión de globalidad e integradora respecto de la ordenación del espacio rústico andaluz, la Estrategia de IV constituye una aportación de alto interés. En efecto, la Estrategia plantea criterios de acción

y medidas, tanto para los distintos tipos de áreas estratégicas definidas como también de índole general (de aplicación al conjunto de Andalucía), con la pretensión de constituir un referente para la intervención sobre el espacio rústico para aquellas políticas de incidencia directa sobre él, agrarias, de ordenación del territorio y ambientales, principalmente (Junta de Andalucía, 2018). Sin embargo, más de un lustro después de la aprobación de la Estrategia, esta no se ha visto aplicada, lo que se explica por su carácter meramente estratégico e indicativo, junto a una evidente falta de voluntad política hasta la fecha. Desde esta perspectiva, resultaría clave la incorporación de su contenido sustantivo (criterios y medidas) al entramado planificador de incidencia sobre el espacio rústico. Es decir, que los distintos instrumentos y políticas asumiesen dicho contenido de manera explícita.

Sin embargo, la situación de los instrumentos de planificación territorial no ha posibilitado tal incorporación, al haberse aprobado en su práctica totalidad con anterioridad a la Estrategia y no haberse renovado tras su formulación, a pesar de la disparidad de su visión y postulados respecto de ella. Así, por ejemplo, en el caso del POTA (Junta de Andalucía, 2006), sus Estrategias de Planificación y Gestión Integrada del Patrimonio Territorial no implementaron, porque se basaban en un sistema patrimonial unitario, el SPTA, que, como se señaló, se ha revelado como inaplicable (Mulero, 2015). Por su parte, los POTS, muy anteriores también a 2018, no incorporan, de manera general y salvo excepciones parciales en los planes más recientes, la visión de la conectividad ecológica y la IV (Garzón, 2019). Y, aún menos en el caso de la planificación ambiental (particularmente la de los espacios protegidos), afectada mayoritariamente por una situación de importante precariedad hasta tiempos muy recientes, que sin embargo parece empezar a superarse en la actualidad, como se expone a continuación.

B) Necesidad de un impulso planificador: territorial, urbanístico y ambiental

Más allá del aspecto más específico de la IV, el desfase de los principales instrumentos planificadores con incidencia en el espacio rústico andaluz constituye una realidad más global y de gran calado. Tres lustros atrás, Zoido (2010) ya prevenía sobre el carácter tardío e incoherente del proceso de planificación territorial en Andalucía, pese a tratarse de una de las comunidades autónomas españolas más privilegiadas en cuanto al número de planes aprobados. Se constata, de hecho, en el momento actual un importante desfase temporal y a nivel de contenidos, con especial incidencia sobre el espacio rústico.

En el caso de la planificación de escala regional, el POTA vigente (Junta de Andalucía, 2006) cuenta con una regulación muy de mínimos sobre el espacio rústico. Los nuevos contenidos previstos para el plan regional en la LISTA (entre los que se remarcaba la definición de “los criterios territoriales básicos para la gestión sostenible del agua y de los demás recursos naturales, así como para la preservación y puesta en valor del patrimonio natural, cultural y paisajístico”) y la necesidad de incluir la visión de la IV parecen requerir una revisión del instrumento planificador que al fin ha comenzado, en 2024. El documento de Borrador de revisión del POTA (Junta de Andalucía, 2024) incorpora ya la IV como elemento vertebrador clave de la ordenación del espacio libre andaluz —reestructurando y simplificando los tipos de áreas de la estrategia de 2018— e incluye también de manera explícita la mitigación y adaptación al cambio climático, vinculándolo a la prevención de riesgos. Qué duda cabe que se trata de interesantes expectativas, particularmente para la planificación jerárquicamente inferior.

A este respecto, en el caso del planeamiento territorial subregional, resultaría imprescindible un impulso de gran calado, que implicase tanto la extensión del territorio sujeto a planificación (limitado esencialmente en la actualidad al espacio litoral y las grandes aglomeraciones urbanas andaluzas —con la excepción de Córdoba—) como la renovación de los contenidos de los planes (lo que explica el carácter desfasado de los 17 instrumentos vigentes, principalmente los siete anteriores al POTA). A este respecto, a su sesgo excesivamente normativo e insuficientemente propositivo (Zoido, 2010) se añade la no consideración de aspectos clave respecto del espacio rústico —desde la nueva perspectiva ofrecida por la LISTA y la Estrategia de IV—, lo que habría de implicar, entre otras cuestiones, la redefinición de las zonas de protección territorial, una mejor integración de los espacios protegidos en el modelo territorial (Mulero, 2018) y la incorporación de criterios para la ordenación y gestión de los paisajes.

En lo que respecta al planeamiento urbanístico general, la principal traba radica en el retraso de su elaboración y aprobación, realidad no exclusiva de Andalucía, sino también patente en otras regiones españolas (Delgado, 2017; De Santiago & González, 2019). En el caso andaluz, según las Estadísticas de planificación urbanística en Andalucía, con datos actualizados a 2023 (Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda, 2024), de los 785 municipios andaluces, tan solo 253 (32,23%) contaban con plan aprobado, mientras que 36 no contaban con ningún tipo de instrumento. La agilización en la tramitación del planeamiento

urbanístico que debe suponer la LISTA (Núñez, 2021; Saiz, 2021), lo que parece verse favorecido por su espíritu en favor de un planeamiento más flexible, en la línea de la necesaria adaptación a la especificidad y complejidad de los distintos municipios (Ezquiaga, 2023; Ramírez, 2024), ha de acompañarse de la incorporación de una delimitación precisa del SR y sus categorías, y de una ordenación, no solo reguladora sino también proactiva, para ellas.

Finalmente hay que aludir a la planificación ambiental, particularmente los PORN y PRUG, instrumentos concebidos para la ordenación y gestión de los espacios protegidos de mayor entidad territorial (Parques, Parajes y Reservas). Debe destacarse la situación de precariedad patente durante años, especialmente en el caso de los parques naturales (los espacios más destacados territorialmente de la RENPA, como se señaló) que en su mayor parte no han visto renovados sus instrumentos planificadores desde el bienio 2003-2004, encontrándose, pues, muy desfasados en el caso de los PORN (de vigencia indefinida) y sin vigencia en el caso de los PRUG (concebidos entonces para ocho años). A ello cabe añadir las carencias en la concepción y diseño de dichos planes, principalmente por su excesiva rigidez y simplificación, así como por su pobre dimensión propositiva (Gómez, 2010). Los retos de los nuevos PORN y PRUG habrían de pasar, pues, por aportar una ordenación detallada y adaptativa (de carácter normativo y proactivo) acorde al nuevo marco regulador y planificador andaluz. Los borradores de nuevos PORN y PRUG que han comenzado a elaborarse desde 2021 y los primeros planes ya aprobados —durante 2024— (Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente, 2025) evidencian avances en dicha dirección, con algunas aportaciones de interés para el espacio rústico. Sin poder ofrecer aquí una caracterización y valoración detallada al respecto, una de las aportaciones más significativas es la modificación de la zonificación, incorporando la nueva categoría de *Zonas Excluidas*, que engloban los terrenos que el planeamiento urbanístico vigente clasificaba como suelo urbano o urbanizable y que, por ello, se excluyen de la normativa del espacio protegido. Con ello, la zonificación contribuye a fijar con total precisión los límites del SR dentro del territorio protegido, imposibilitando su hipotética regresión.

C) Obras, instalaciones y construcciones en SR

Uno de los grandes retos respecto de la ordenación y protección del SR son las actuaciones autorizables en él, que, como ya se expuso, pueden ser de carácter *ordinario* y *extraordinario*, en función de su vinculación directa —o no— con las actividades primarias (Tabla 3). Los *usos ordinarios*, que teóricamente, y tal como afirma la LISTA, no suponen la transformación de la naturaleza rústica del suelo, incluyen, sin embargo, actuaciones de carácter constructivo —para el propio desarrollo de los usos, o de carácter residencial vinculado a dichos usos—. A pesar de ello, la regulación contenida tanto en la LISTA como en su Reglamento resulta ciertamente parca, limitándose de manera general a disponer superficies máximas de la edificación respecto del total de la parcela afectada (artículos 28.4 y 28.5 del Reglamento) y no incorporando una regulación añadida —y más exigente— respecto del SR protegido, más allá de la regulación general de la necesaria compatibilidad de todas las actuaciones con el régimen del SR (artículo 20b de la LISTA). Por su parte, las *actuaciones extraordinarias* resultan autorizables siempre que no sean incompatibles con el régimen de protección aplicable y que respondan a actuaciones de interés público o social que contribuyan a la ordenación y desarrollo del medio rural. A este respecto, el Reglamento de la LISTA especificaba los criterios para considerar una actuación de interés público o social (artículo 30.2), incluyendo las promovidas por Administraciones Públicas, las contempladas en instrumentos de ordenación territorial o urbanística, las declaradas de Interés Autonómico, así como las resultantes de un acuerdo municipal que se justificasen por su interés para el desarrollo socioeconómico sostenible, la conservación y valorización del patrimonio o evitar el despoblamiento rural. Por el contrario, de manera similar a los señalado para las edificaciones de carácter ordinario, ni la Ley ni el Reglamento incorporan requisitos específicos para la implantación de estas obras extraordinarias, lo que, a juicio de diversos actores, supone un riesgo para la preservación del SR (Saiz, 2021). La excepción a ello se ha encontrado en el caso de las edificaciones residenciales (vinculadas a las actuaciones extraordinarias) y las viviendas unifamiliares aisladas, para las que el Reglamento sí aporta criterios detallados (artículos 30.4 y 31). En el caso de las viviendas aisladas autorizables, los parámetros establecidos resultan pormenorizados (incluyendo aspectos como tamaño mínimo de parcela, distancia mínima entre edificaciones, superficie máxima edificable o distancia a linderos, entre otros). Este grado de detalle, que sin duda requerirá una labor de vigilancia sobre el terreno, podría contribuir a mitigar los recelos que desde un principio despertó esta regulación, reforzando las tesis de aquellos que la defienden argumentando que se podrán prevenir o mitigar los procesos de despoblamiento, así como evitar o reducir nuevas situaciones de ilegalidad (Núñez, 2021).

Respecto de esto último, resulta asimismo clave aludir a la cuestión de las edificaciones irregulares en SR. Como se vio, la LISTA incluye una regulación pragmática, heredera de la ya existente desde 2019. En función de ella, parte de las aproximadamente 300.000 viviendas irregulares existentes en el SR andaluz podrán

acogerse a una mejora dotacional y territorial, mediante el reconocimiento de AFO y la aprobación de Planes Especiales de Adecuación Espacial y Territorial para agrupaciones. En la Ley se afirmaba explícitamente que ambos procedimientos son aplicables *en cualquier clase de suelo* —incluyendo, por tanto, teóricamente, el SR protegido—. En el caso particular de las edificaciones irregulares que estén localizadas en SR protegido, la LISTA, en su artículo 153 (relativo al plazo de seis para restablecer la legalidad), señala que dicho plazo no sería aplicable (es decir, podrán adoptarse medidas de restablecimiento de la legalidad en todo momento) en de amplio espectro de espacios, que incluyen la casi totalidad de los SR preservados: las zonas de dominio público, los terrenos sometidos a riesgos naturales, las zonas de influencia del litoral, las que afecten a bienes inscritos en el CGPHA, las que afecten a zonas verdes y espacios libres, y, de manera global, todas las parcelaciones urbanísticas (salvo las parcelas específicas para las que haya edificaciones para las que sí haya transcurrido el plazo). Consecuencia de lo anterior es la imposibilidad de aplicación del régimen AFO en el SR protegido referido, aun cuando incluso las edificaciones irregulares formasen parte de una agrupación para la que se aprobase un Plan Especial de adecuación, lo que aboca a las edificaciones irregulares en dicha situación a un horizonte impreciso y poco halagüeño, que la nueva regulación del SR no parece responder satisfactoriamente. Frente a esto, las edificaciones (principalmente formando agrupaciones) compatibles con el modelo territorial y urbanístico podrán incorporarse al planeamiento municipal (en elaboración o revisión). Ante el posible riesgo de expansión indiscriminada del SU que esto podría suponer, el Reglamento de la LISTA (artículo 417) establece una serie de criterios para autorizar la incorporación (destacando la aptitud de las agrupaciones para dotarse de una estructura urbana o la vinculación con núcleos urbanos preexistentes), disponiendo la incompatibilidad de la incorporación de agrupaciones localizadas en SR protegido.

D) Suelos inundables

En el caso de los suelos sujetos a riesgos de inundación, delimitados, por ello, como zonas inundables (ZI) en los Planes de Gestión del Riesgo por Inundación (PGRI), debe destacarse, como ya se explicó, su proceso de actualización y ampliación en los diferentes ciclos de la planificación hidrológica, lo que supone *de facto* una ampliación del espacio rústico protegido. Esto tiene dos implicaciones principales a efectos de ordenación y gestión territorial. La primera alude a la obligatoriedad —establecida por el POTA— de incorporar la delimitación de las ZI a los instrumentos de planificación territorial y urbanística. A este respecto, las dudas —expuestas en el segundo punto de este epígrafe— respecto de una actualización a corto-medio plazo de la planificación territorial subregional en Andalucía parecen apuntar a que dicha incorporación será más viable y ágil en el caso del planeamiento urbanístico. En este sentido, el planeamiento general deberá incluir criterios y regulaciones específicas respecto de los suelos inundables según la realidad de cada municipio.

La segunda se refiere a una modificación que la LISTA incorpora, en su disposición final tercera, de la Ley de Aguas de Andalucía. Se trata de la obligación de recabar de la Administración competente en materia de aguas (Administración autonómica) un informe previo para autorizar cualquier uso o proyecto a desarrollar en suelos inundables. Se trata de una regulación en principio positiva, por su carácter garantista de la seguridad de las actuaciones y personas. Sin embargo, el carácter crecientemente restrictivo en la delimitación de los suelos inundables (a tenor del proceso de actualización de las ZI antes referido) ha despertado el temor, entre algunos agentes, respecto de un posible colapso en la tramitación de los informes de inundabilidad ahora requeridos (Hinojosa, 2021). La necesidad de agilización en los procesos de tramitación se torna, en este caso, como la única alternativa posible, que permita una gestión territorial prudente y eficaz en el espacio libre con riesgo de inundación.

4. Discusión de resultados

El trabajo llevado a cabo plantea un enfoque novedoso desde la geografía, focalizado en el espacio rústico o libre como ámbito de entidad propia en el marco de la matriz territorial y su ordenación, como ciertos autores vienen reclamando desde años atrás (Maruani & Amit-Cohen, 2007; Mata & Olcina, 2010; Tardin, 2010) y como algunas nuevas visiones, principalmente las IV, parecen remarcar (Elorrieta & Olcina, 2021; MITECO, 2021; Olcina & Elorrieta, 2021; Ors, 2021). La principal novedad, más allá del propio enfoque, radica en aportar una recopilación y puesta al día de aquellas iniciativas específicamente orientadas a la ordenación y protección del espacio rústico.

La ambición del planteamiento se ha justificado por la conciencia de la oportunidad del trabajo, por dos razones fundamentales. Primeramente, por las escasas aportaciones desde esta visión en el contexto español. Se han podido rastrear principalmente la de Delgado (2017) para el caso cántabro —en un análisis, además, centrado más particularmente en los paisajes agrarios— o la de Cruz et al. (2017) ceñida a las grandes áreas

metropolitanas. Asimismo, debe reseñarse el trabajo de Aguirre (2017) para el caso de Cataluña, donde, desde una perspectiva esencialmente normativa, se aboga por la necesaria transición de la visión del espacio libre como suelo no urbanizable hacia un sistema unitario de espacios libres, transición, sin embargo, no implementada todavía en dicho contexto regional, pese a interesantes aportaciones metodológicas en la materia aplicadas a ciertos sectores del territorio catalán, sobre todo desde la visión de la ecología del paisaje (Pino et al., 2006). En todo caso, ha de remarcarse la escasez de este tipo de aportaciones en el conjunto de la literatura geográfica española, lo que parece evidenciar lo que García-Bellido (1986; 2002) denunciaba ya décadas atrás respecto de la inexistencia —y, por ende, necesidad— de una visión propia y sistémica del espacio rústico como entidad propia dentro de la matriz territorial, que posibilite su ordenación coherente y evite su deterioro y creciente regresión. En segundo lugar, el análisis llevado a cabo ha resultado de particular interés para el caso andaluz, tanto por la entidad y complejidad del territorio rústico como por la cantidad y diversidad de iniciativas de ordenación y protección, con importantes novedades recientes y retos, que, sin duda, inducen a la reflexión respecto del propio espacio libre y la necesidad de una ordenación integradora, sistémica y coherente mediante la planificación como herramienta esencial.

En el caso específico de Andalucía, son varios los estudios que han abordado las claves de la ordenación y protección de bienes o espacios integrantes del espacio rústico, si bien casi todos lo han sido desde un enfoque parcial o sectorial (considerando algún tipo de espacio o componente específico), pero ninguno desde la visión amplia y comprehensiva propuesta en este trabajo. Entre las aportaciones que han asumido un planteamiento parecido, cabe destacar, por ejemplo, un interesante artículo sobre la organización territorial de la protección de bienes patrimoniales (Geografía y Desarrollo Regional y Urbano [GDRU], 2008), que incluía la totalidad de ellos, es decir, también los localizados en ámbitos urbanos. También cabe reseñar una monografía que abordó las posibilidades de ordenación de los espacios del sistema de patrimonio territorial del POTA (Naranjo, 2014), iniciativa que, como se vio, ha carecido de aplicación práctica. E igualmente un trabajo, más reciente, sobre las iniciativas de protección del suelo mediante planificación territorial y urbanística (Díaz, 2019), en un enfoque muy próximo al aquí propuesto, si bien planteado desde una aproximación exclusivamente normativa y que, además, quedó en buena medida desfasada a raíz del cambio decisivo que supuso la aprobación de la LISTA en 2021.

El trabajo desarrollado, inédito, pues, hasta la fecha en su concepción y resultados, se justifica por la necesidad de contribuir a la mejora continua de la praxis de la ordenación del territorio, ante la que ya hace años se destacó como especial dificultad la de aplicar una política territorial coherente en ámbitos extensos y complejos como el andaluz (Zoido, 2010).

5. Conclusiones

De todo lo expuesto en este trabajo, la primera conclusión que se puede inferir es el potencial del espacio rústico como sujeto específico y propio de ordenación y protección, y ello, además, desde una visión integradora, comprehensiva y sistémica. Pero, al mismo tiempo, la complejidad del panorama relativo a la ordenación y planificación de los bienes y espacios integrantes del espacio rústico donde, de manera general, confluyen instrumentos territoriales, urbanísticos y sectoriales (principalmente de carácter ambiental). En el caso de Andalucía, esta complejidad se torna especialmente evidente a tenor de la importante dotación de instrumentos normativos, planificadores y protectores de incidencia sobre el espacio libre, que la sitúa como una de las regiones españolas más avanzadas en la materia. Por primera vez se ha ofrecido una recopilación global de dichos instrumentos y su alcance en el territorio andaluz, logrando de este modo alcanzar los tres primeros objetivos que se plantearon para este trabajo, tal como se señalaron en su Introducción.

Sin embargo, en lo relativo al cuarto objetivo que se apuntó —relativo a la necesidad de una ordenación coherente y sistémica del espacio rústico—, junto a indudables logros, se han detectado también importantes contradicciones y retos pendientes, en la línea de configurar un verdadero sistema de espacios libres, lo cual solo será posible mediante una integración coherente entre instrumentos e iniciativas. Qué duda cabe que la reciente aprobación de la LISTA y su Reglamento constituye una gran aportación y un marco referencial para la acción en un corto-medio plazo (pese a algunos aspectos no resueltos de manera completamente satisfactoria, como, por ejemplo, el impreciso tratamiento del paisaje o la regulación de las viviendas irregulares no sujetas al régimen de AFO). Pero el marco aportado por la nueva legislación debe acompañarse de una decidida acción pública en otros aspectos, destacando la necesidad ineludible de impulsar y actualizar la planificación de incidencia territorial. Más allá de la agilización del planeamiento urbanístico que habrá de suponer la LISTA, el impulso debe comenzar por el POTA, marco de referencia básico para la gestión

territorial y cuyas determinaciones actuales para el espacio rústico se hallan claramente desactualizadas. A este respecto, nuevos paradigmas y enfoques como la IV o la respuesta ante el impacto del cambio climático y los riesgos asociados habrán de configurarse como referentes básicos en la revisión del POTA en lo concerniente al espacio rústico, como así parece reflejarse en el proceso recientemente emprendido, y, por consiguiente, también de la planificación territorial subregional y la planificación ambiental, si se pretende lograr la coherencia y visión sistémica apuntadas. Retos más específicos a este respecto como la coordinación de contenidos entre la planificación territorial, los instrumentos sectoriales de protección y el planeamiento urbanístico, el reforzamiento de la dimensión proactiva de la planificación, o los procesos de incorporación —coherente— al modelo territorial de las edificaciones irregulares compatibles con él, deberán ser abordados en el marco de este proceso.

De todo lo señalado puede concluirse, de manera más general, que el artículo que aquí finaliza aporta un marco de análisis ciertamente novedoso en el contexto de la geografía española y que puede ser extrapolable a estudios relativos a otros ámbitos regionales o de escalas más detalladas. Además, para el caso específico andaluz, hemos de destacar el potencial para desarrollar estudios más específicos (en el plano temático y escalar) acerca de las numerosas cuestiones y retos que, por la amplitud del trabajo llevado a cabo, solo han podido ser analizados de manera general a lo largo de estas líneas.

Contribución de autoría

Rafael Garzón García se ha encargado del diseño general del trabajo y su planteamiento, además de la redacción de los apartados de Introducción, Metodología, Discusión y Conclusiones, y la revisión final del artículo.

Gema Florido Trujillo se ha encargado del rastreo bibliográfico, de la recopilación de iniciativas de ordenación y protección y de la redacción de parte del apartado de Resultados.

Rafael Vega Pozuelo se ha encargado de la recopilación de iniciativas de protección y ordenación, de la elaboración de la cartografía y de la redacción de parte del apartado de Resultados.

María Luisa Ramírez López se ha encargado del rastreo bibliográfico, de la redacción de parte del apartado de Resultados y, junto con Rafael Garzón, de la revisión final del artículo.

El trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación para su realización.

Referencias

- Aguirre, J. (2017). Del suelo no urbanizable a los espacios abiertos: pasado, presente y futuro de su ordenación en Catalunya. *Práctica urbanística: Revista mensual de urbanismo*, 149.
- Ahern, J. (1991). Planning for an extensive open space system: linking landscape structure and function. *Landscape and Urban Planning*, 21, 131-145. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(91\)90037-M](https://doi.org/10.1016/0169-2046(91)90037-M)
- Asociación Española de Geografía (AGE) (2018). *En defensa del territorio ante los nuevos retos del cambio global*. <https://www.age-geografia.es/site/manifiesto-nueva-cultura-del-territorio/>
- Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda (2024). *Estadísticas de planificación urbanística en Andalucía*. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoarticulaciondelterritorioyvivienda/areas/urbanismo/planeamiento/paginas/estadistica-planificacion-urbanistica.html>
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (2014). Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Jaén. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoarticulaciondelterritorioyvivienda/areas/ordenacion/planes-subregionales/paginas/aglomeracion-jaen.html>
- Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente (2025). *Planes de espacios protegidos*. <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/espacios-protegidos/gestion-espacios-protegidos/porn-prug-planes-de-gestion>
- Cruz, J., De Oliveira-Neves, G. & Santiago, J. (2017). El espacio libre en la planificación territorial: análisis comparado en las áreas metropolitanas de España. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 49(193), 401-416. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/76569>
- De Santiago, E. & González, I. (2019). El estado del planeamiento urbanístico municipal en España: análisis de los instrumentos vigentes y de los municipios sin planeamiento. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, 127, 1-82. <https://doi.org/10.20868/ciur.2019.127.4373>
- Delgado, C. (2017). Consideración y tratamiento de los paisajes agrarios en los instrumentos de protección ambiental, ordenación territorial y planeamiento urbanístico. Cantabria (España) como caso de estudio. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 75, 373-405. <https://doi.org/10.21138/bage.2505>
- Díaz, A. (2019). *La protección del suelo por planificación territorial y urbanística* [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla]. idUS repositorio institucional Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/handle/11441/88241>
- Elorrieta, B. & Olcina, J. (2021). Infraestructura verde y ordenación del territorio en España. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, LIII(207), 23-46. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2021.207.02>
- Español, I. (2006). *Manual de ecología del paisaje*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos.
- Ezquiaga, J.M. (2023). La ciudad que queremos, los planes que necesitamos: ampliando los horizontes políticos del planeamiento urbano. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, LV(217), 597-634. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2023.217.3>
- Feria, J.M. & Santiago, J. (2009). Funciones ecológicas del espacio libre y planificación territorial en ámbitos metropolitanos: perspectivas teóricas y experiencias recientes en el contexto español. *Scripta Nova*, 13. <https://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/1605>
- Folch, R. (2003). Los conceptos socioecológicos de partida. Principios ecológicos versus criterios territoriales. In R. Folch (Coord.), *El territorio como sistema: conceptos y herramientas de ordenación* (pp. 19-42). Diputación de Barcelona.
- Forman, R. & Godron, M. (1981). Patches and Structural Components for a Landscape Ecology. *Bioscience*, 31(10), 733-740. <https://doi.org/10.2307/1308780>
- Garzón, R. (2016). *Las consecuencias territoriales de la expansión reciente de los espacios naturales protegidos. Análisis de la Sierra Morena andaluza* [Tesis doctoral, Universidad de Córdoba]. Helvia repositorio institucional de la Universidad de Córdoba. <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/13259>
- Garzón, R. (2019). Hacia la reordenación del espacio libre a escala territorial: nuevos paradigmas y análisis del planeamiento subregional andaluz. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, LI(199), 63-80. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/85834>

- García-Bellido, J. (1986). La cuestión rural. Indagaciones sobre la producción del espacio rústico. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 69, 9-51. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/82085>
- García-Bellido, J. (2002). La cuestión rural: patología urbanística del espacio rústico. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 34(132), 277-323. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/75164>
- Geografía y Desarrollo Regional y Urbano (GDRU). (2008). Recursos patrimoniales y organización territorial: el caso de Andalucía. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, XL(156), 297-311. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/75857>
- Gómez, M.L. (2010). Los espacios naturales protegidos como categoría de ordenación del territorio. El caso de la Comunidad Autónoma Andaluza. *Cuadernos Geográficos*, 47(2), 317-346. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/611>
- Hinojosa, J. (2021, december 11). La nueva ley urbanística de Andalucía refuerza el control de las licencias de obra en todos los suelos inundables. *Diario Sur*. <https://www.diariosur.es/malaga/nueva-urbanistica-andalucia-20211209190012-nt.html>
- Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente. (s.f.). *Catálogo de Montes Públicos de Andalucía*. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/cat-c3-a1logo-de-montes-p-c3-bablicos-de-andaluc-c3-ada/20151
- Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente. (s.f.). *Inventario de Vías Pecuarias de Andalucía*. <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/medio-forestal/vias-pecuarias-y-corredores-verdes/vias-pecuarias-andalucia/inventario>
- Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente. Portal Ambiental de Andalucía. (s.f.). *Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA)*. <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/espacios-protegidos/configuracion-renpa>
- Junta de Andalucía. Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. (s.f.). *Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)*. <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/dega/datos-espaciales-de-referencia-de-andalucia-dera>
- Junta de Andalucía (2006). *Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía*. Junta de Andalucía, Consejería de Obras Públicas y Transportes. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoarticulaciondelterritoriowyvivienda/areas/ordenacion/pota/paginas/plan-pota.html>
- Junta de Andalucía (2018). *Plan Director para la Mejora de la Conectividad Ecológica en Andalucía. Una Estrategia de Infraestructura Verde*. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/transparencia/planificacion-evaluacion-estadistica/planes/detalle/61324.html>
- Junta de Andalucía (2024). *Borrador de la Revisión del Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía*. Junta de Andalucía, Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda. <https://andaluciaordenacionterritorial.es>
- Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía (LOUA). Edición actualizada a febrero de 2013. <https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/LOUA.pdf>
- Ley 7/2021, de 1 de diciembre, de Impulso para la Sostenibilidad del Territorio de Andalucía (LISTA). <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoarticulaciondelterritoriowyvivienda/areas/ordenacion/ley-sostenibilidad.html>
- Linehan, J., Gross, M. & Finn, J. (1995). Greenway planning: developing a landscape ecological network approach. *Landscape and Urban Planning*, 33(1-3), 179-193. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(94\)02017-A](https://doi.org/10.1016/0169-2046(94)02017-A)
- López, D. & Mulero, A. (2021). El fenómeno de las parcelaciones urbanísticas ilegales en Andalucía: significado general y tratamiento en los planes de ordenación del territorio. *Cuadernos Geográficos*, 60(2), 171-191. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i2.15638>
- Maruani, T. & Amit-Cohen, I. (2007). Open space planning models: A review of approaches and methods. *Landscape and Urban Planning*, 81(1-2), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.003>

- Mata, R. & Tarroja, A. (Coord.) (2006). *El paisaje y la gestión del territorio*. Diputació de Barcelona.
- Mata, R., & Ferrer, D. (2021). La protección, gestión y mejora del paisaje en España. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 53(207), 189-214. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2021.207.12>
- Mata, R. & Olcina, J. (2010). El sistema de espacios libres. In L. Galiana y J. Vinuesa (Coord.), *Teoría y práctica para una ordenación racional del territorio* (pp. 87-127). Síntesis.
- Mata, R. & Rodríguez, J. (2022). Ordenación del territorio, patrimonio natural y cultural, y paisaje: una visión integradora desde la geografía. In J. Farinós y J. Olcina (Coord.), *Ordenación del territorio y medio ambiente* (pp. 173-208). Tirant Humanidades.
- Medina, M.C. (2020). Evolución de las viviendas ilegales en Andalucía. *Revista CEMCI*, 47. <https://revista.cemci.org/numero-47/pdf/trabajos-de-evaluacion-1-evolucion-de-las-viviendas-ilegales-en-andalucia.pdf>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (s.f.). *Planes hidrológicos de cuenca vigentes*. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planes-cuenca-2022-2027.html>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. (s.f.). *Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI). 1º y 2º ciclo*. <https://www.chguadalquivir.es/pgri>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) (2021). *Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/infraestructura-verde/infr_verde.html
- Molinero, F. (2019). El espacio rural de España: evolución, delimitación y clasificación. *Cuadernos Geográficos*, 58 (3), 19-56. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i3.8643>
- Mulero, A. (2015). Hacia la gestión integrada del patrimonio en clave territorial: un análisis crítico de la experiencia andaluza. *Investigaciones Geográficas*, (63), 69-84. <https://doi.org/10.14198/INGEO2015.63.05>
- Mulero, A. (2018). Espacios naturales protegidos y ordenación del territorio en Andalucía: hitos de un desencuentro estructural. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, L(196), 217-234. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/76658>
- Naranjo, J. (Coord.) (2014). *Dinámicas funcionales y ordenación de los espacios del Sistema del Patrimonio Territorial Andaluz. Análisis en Andalucía Occidental*. UCO Press.
- Núñez, G. (2021, december 27). La nueva Ley del Suelo andaluz: menos trabas, regularización de casas rústicas y planes urbanísticos más rápidos. *Diario 20minutos*. <https://www.20minutos.es/noticia/4932227/0/la-nueva-ley-del-suelo-andaluz-menos-trabas-regularizacion-de-casas-rusticas-y-planos-urbanisticos-mas-rapidos/>
- Olcina, J. (2024). Planificación territorial en el contexto de cambio climático. In R. Serrano, J. Olcina & J. Martín (Eds.), *Cambio climático en España* (pp. 587-618). Tirant Humanidades.
- Olcina, J. & Elorrieta, B. (2021). Reducción del riesgo natural y del cambio climático mediante ordenación del territorio. El papel de la infraestructura verde. *Cuadernos de Ordenación del Territorio*, sexta época, 2, 63-82. <https://www.fundicot.org/wp-content/uploads/2024/11/INFRAESTRUCTURA-VERDE-Y-CRISIS-CLIMATICA-Imprenta.pdf>
- Ors, J. (2021). Infraestructura verde y medio rural. *Cuadernos de Ordenación del Territorio*, sexta época, 2, 17-29. <https://www.fundicot.org/wp-content/uploads/2024/11/INFRAESTRUCTURA-VERDE-Y-CRISIS-CLIMATICA-Imprenta.pdf>
- Pino, J., Rodà, F. & Guirado, M. (2006). La ecología del paisaje y la gestión de la matriz de espacios abiertos. In R. Mata & A. Tarroja (Coord.), *El paisaje y la gestión del territorio. Criterios paisajísticos en la ordenación del territorio y el urbanismo* (pp. 61-78). Diputació de Barcelona.
- Prieto, A. (2021). *Infraestructura verde como instrumento de ordenación del territorio* [Tesis doctoral, Universidad de Alicante]. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/119631>

- Ramírez, J.M. (2024). La necesidad de nuevos marcos para el desarrollo territorial. In J. Farinós (Coord.), *La ordenación y gestión del territorio en tiempo de transiciones* (pp. 143-151). Universitat de Valencia. <https://doi.org/10.7203/PUV-OA-752-2>
- Rao, R. (1997). *An Approach to Open Space Planning Based on the Principles of Landscape Ecology: An Application to Greater Roanoke Area* [Tesis de Master, Virginia Tech]. Virginia Tech Electronic Theses and Dissertations. <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/32067>
- Rodríguez, V.M. & Aguilera, F. (2016). ¿Infraestructuras verdes en la planificación territorial española? *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 48(189), 399-418. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/76490>
- Saiz, E. (2021, november 26). La nueva ley del suelo andaluza, una norma demandada pero que suscita dudas en cuanto a su desarrollo. *El País*. <https://elpais.com/espana/2021-11-26/la-nueva-ley-del-suelo-andaluza-una-norma-demandada-pero-que-suscita-dudas-en-cuanto-a-su-desarrollo.html>
- Tardin, R. (2010). *Espacios libres. Sistema y proyecto territorial*. Nobuko.
- Vera, J. F., Olcina, J., & Sainz-Pardo, A. (2019). La incorporación de la infraestructura verde en la ordenación territorial. El plan de acción territorial de la infraestructura verde del litoral de la Comunidad Valenciana, PATIVEL. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 51(201), 467-490. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/77538>
- Zoido, F. (2010). Ordenación del territorio en Andalucía. Reflexión personal. *Cuadernos Geográficos*, 47(2), 189-221. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/606>

Evolución espacio-temporal de los homicidios en Ecuador de 2015 a 2022

The spatiotemporal evolution of homicides in Ecuador from 2015 to 2022

AUTORÍA

Karina Lalangui Vivanco 

Centro de Investigación en Salud Pública y Epidemiología Clínica (CISPEC). Facultad de Ciencias de la Salud Eugenio Espejo. Universidad UTE. Quito, Ecuador.

Christian

Sánchez-Carrillo 

Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

Emmanuelle Quentin 

Centro de Investigación en Salud Pública y Epidemiología Clínica (CISPEC). Facultad de Ciencias de la Salud Eugenio Espejo. Universidad UTE. Quito, Ecuador.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.27758>

CITACIÓN

Lalangui Vivanco, K., Sánchez-Carrillo, C., & Quentin, E. (2025). Evolución espacio-temporal de los homicidios en Ecuador de 2015 a 2022. *Investigaciones Geográficas*, (84), 215-230. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27758>

CORRESPONDENCIA

Karina Lalangui Vivanco (lalangui@gmail.com)

HISTORIA

Recibido: 11 junio 2024

Aceptado: 27 diciembre 2024

Publicado: 23 julio 2025

(Publicación anticipada: 12 febrero 2025)

TÉRMINOS

© 2025 Karina Lalangui Vivanco, Christian Sánchez-Carrillo, Emmanuelle Quentin

 Este trabajo se publica bajo una licencia Creative Commons de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

Desde hace varios años, la tasa de homicidios en Ecuador muestra un aumento especialmente preocupante. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo identificar patrones espaciales y temporales de homicidios en Ecuador de 2015 a 2022. A partir de datos oficiales y la combinación de técnicas en análisis espacial, con el propósito de comprender mejor la magnitud del fenómeno. A nivel regional, Ecuador presenta tasas de homicidios y un exceso de riesgo relativamente alto con respecto a los demás países. Al interior del país, se muestra que el 74% de los homicidios ocurren en la región costa y el 21% en la Sierra. El grupo de edad de 20 a 29 años es el más afectado (34%), de los cuales el 88% son hombres. Además, la tasa de homicidios ha aumentado drásticamente, pasando de alrededor de 6 a 8 por cada 100.000 habitantes al año a 25 por cada 100.000 habitantes en 2022. El análisis espacio-temporal a un nivel administrativo más local (cantones) permite centrarse en los municipios más críticos. El problema del deterioro de las condiciones socioeconómicas y el aumento de la violencia es generalizado en América Latina y afecta gravemente a los indicadores de salud pública, por lo que es importante comprender la dinámica de los homicidios a nivel local, regional y global.

Palabras clave: Ecuador; violencia; homicidios; análisis espacio-temporal; seguridad y justicia; salud pública.

Abstract

In recent years, the homicide rate in Ecuador has displayed a particularly worrying increase. Therefore, this study seeks to identify the spatial and temporal patterns of homicides in Ecuador from 2015 to 2022. Using official data and combining spatial analysis techniques, the aim is to gain a better understanding of the extent of the phenomenon. On a regional level, Ecuador has relatively high homicide rates and excess risk compared to other countries. Within the country, 74% of homicides occur in the coastal region and 21% in the highlands. The 20-29 age group is most affected (34%), 88% of whom are men. Furthermore, the homicide rate has increased dramatically, from around 6 to 8 per 100,000 inhabitants per year to 25 per 100,000 inhabitants in 2022. Spatiotemporal analysis on a more local administrative level (cantons) makes it possible to focus on the most critical municipalities. The problem of deteriorating socio-economic conditions and increasing violence is widespread in Latin America and seriously affects public health indicators, so it is important to understand the dynamics of homicides on a local, regional and global level.

Keywords: Ecuador; violence; homicides; spatio temporal analysis; security and justice; public health.

1. Introducción

A nivel mundial, la violencia causó la pérdida de aproximadamente 1,25 millones de vidas en 2019. En el año 2021 el homicidio intencional emergió como la primera causa de muerte entre las muertes violentas, cobrándose la vida de unas 458.000 personas, lo que equivale a 52 personas por hora (United Nations Office on Drugs and Crime [UNODC], 2023). Durante el mismo año, la región de las Américas registró la tasa más alta de homicidios intencionales en comparación con otras regiones del mundo, con 15 víctimas de homicidio por cada 100.000 habitantes. A pesar de que en América del Sur, la tasa de homicidio ha mostrado una tendencia a la baja desde el año 2017 (Banco Mundial, 2020; UNODC, 2023), no todos los países han registrado esta tendencia, y países como Ecuador y Colombia han superado estas barreras (Suarez, 2020; UNODC, 2023).

En el caso de Ecuador, desde 1980 hasta 2009, la tasa de homicidio aumentó continuamente, alcanzando un máximo de 18,7 en 2009. Sin embargo, a partir de 2010, la tasa comenzó a disminuir, llegando a un mínimo de 5,8 en 2017. Durante este período Ecuador fue el segundo país latinoamericano con la tasa de homicidio más baja de la región, solo detrás de Chile (Pontón et al., 2020). Sin embargo, a partir de 2018, el país experimentó un aumento de la violencia, alcanzando en 2022 un récord histórico de 28,5 homicidios por cada 100.000 habitantes, convirtiéndose en el país en el más violento de América Latina (Observatorio Ecuatoriano de Crimen Organizado [OECO], 2024).

Este dramático incremento ha generado una profunda preocupación entre la población, el gobierno y las autoridades de salud pública (Sosa et al., 2023), reflejando una crisis que se ha visto exacerbada por la pandemia de COVID-19. Las repercusiones económicas de la pandemia (Peralta, 2023), han provocado un aumento del desempleo, la pobreza y la desigualdad y han abierto una ventana de oportunidad para que el crimen organizado ejerza control social en las comunidades locales (Donoso et al., 2022). Este aumento de la violencia en Ecuador no ha sido uniforme, sino que se ha concentrado mayormente en zonas donde operan y compiten organizaciones criminales por el control de las rutas de narcotráfico. Por ejemplo, las provincias costeras y adyacentes que albergan puertos activos estratégicos, presentan cifras preocupantes y tendencias pronunciadas en comparación con otras regiones del país (UNODC, 2023). Además de la violencia en las calles, también se han registrado hechos alarmantes dentro de los Centros de Rehabilitación Social, lo que ha intensificado las pugnas violentas entre los internos por el control de estos centros.

Ante esta problemática, el sector salud ha sido consciente de la necesidad de abordar el problema en su inicio para minimizar los impactos negativos de la violencia (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2002). No obstante, la violencia ha emergido como un desafío cada vez más significativo debido a la magnitud de muertes, hospitalizaciones, demanda de servicios de emergencia y rehabilitación, así como sus efectos en la sociedad en general y familias en particular (Chandan et al., 2020; Gawryszewski et al., 2012). Para enfrentar este desafío, no solo es crucial la intervención temprana desde el sector salud, sino también la implementación de enfoques analíticos que permitan comprender mejor los patrones y dinámicas de la violencia.

Para abordar este fenómeno desde una perspectiva geográfica, este estudio ha recurrido a diversas metodologías de análisis espacial y temporal. Diversos enfoques metodológicos han sido utilizados para estudiar este fenómeno. Entre estos se destacan los métodos de análisis espacial de autocorrelación y el análisis de tendencias temporales, que permiten identificar patrones geoespaciales y temporales. Estos enfoques metodológicos han sido utilizados en otros países de América Latina, como Brasil (Silva et al., 2023; Sousa et al., 2019) y El Salvador (Carcach, 2015), con el objetivo de analizar la distribución espacial y los cambios en las tasas de homicidio. Sin embargo, pocos estudios han aplicado estas metodologías en el contexto ecuatoriano (Fonseca-Rodríguez & San Sebastián, 2021; Sosa et al., 2023; Vásquez et al., 2023), lo que ha limitado la comprensión de la distribución de homicidios en el país.

En este contexto, este estudio permite profundizar en la identificación de clústers espacio-temporales. Este enfoque no solo permite localizar áreas críticas donde la violencia es persistente o emergente, sino también entender cómo evoluciona en el tiempo, en diferentes niveles administrativos, lo que resulta esencial para priorizar intervenciones de prevención y control. Para este tipo de problemática que está ligada al narcotráfico y al comercio internacional de droga, es importante previamente incorporar una comparación con otros países de América Latina que enfrentan desafíos similares, lo que es útil para tener una perspectiva que revele si los patrones observados son comunes a otros países o únicos del contexto ecuatoriano.

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo identificar patrones espaciales y temporales de homicidios en Ecuador de 2015 a 2022, poniendo especial énfasis en los focos espaciales más críticos tanto a nivel provincial como cantonal. El análisis a nivel provincial en Ecuador permite discernir patrones y tendencias generales que pueden orientar la formulación de políticas públicas a gran escala, mientras que

el enfoque cantonal ofrece una perspectiva más detallada, revelando particularidades locales que podrían pasar desapercibidas en un análisis exclusivamente provincial. Esta combinación de niveles de análisis permitirá tener una visión integral, permitiendo priorizar medidas de control y prevención en áreas específicas, en lugar de implementar políticas nacionales que podrían resultar más costosas e ineficaces.

A nivel de América Latina, el estudio también considera un análisis comparativo con el fin de identificar países que presenten características similares.

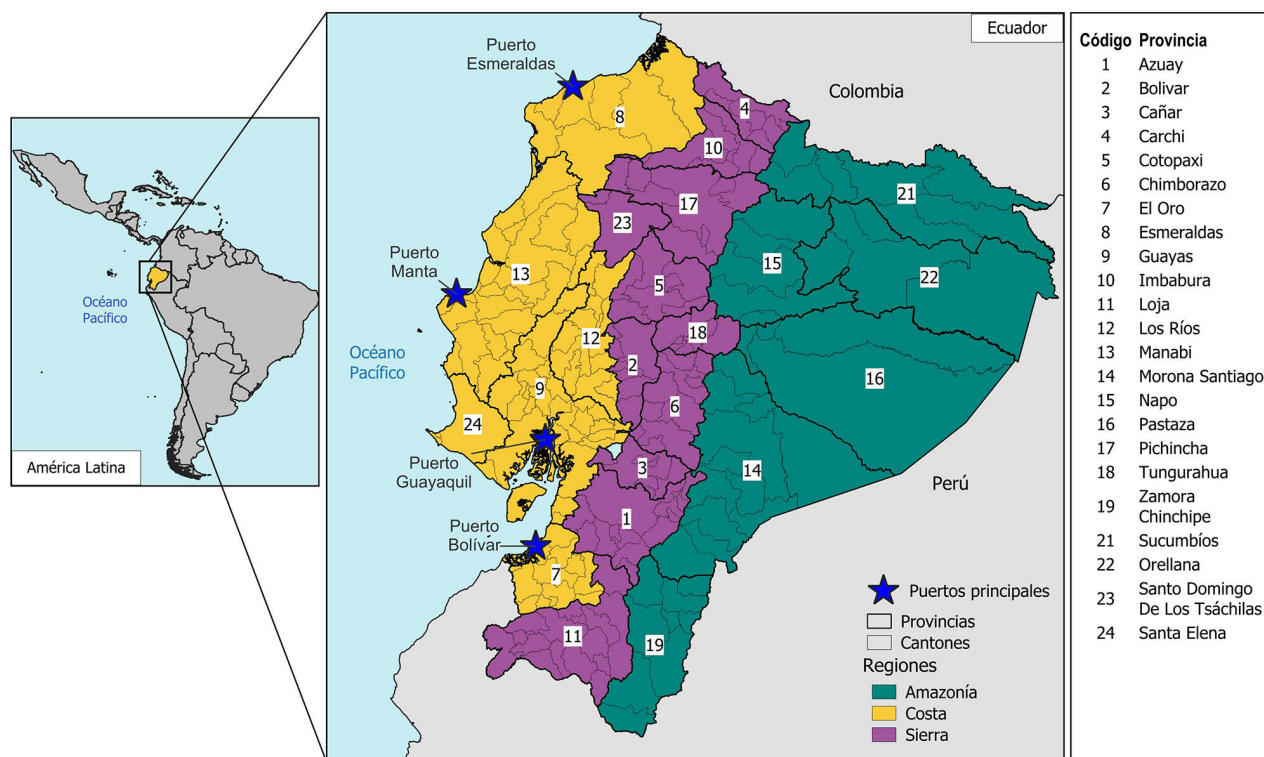
2. Metodología

2.1. Área de estudio

El estudio se centra en Ecuador, un país ubicado en la región andina de América del Sur. No obstante, dado que el aumento de la violencia responde a dinámicas que trascienden fronteras y afectan tanto a América Latina como a nivel internacional, se busca, en primer lugar, posicionar la tasa de homicidios de Ecuador en el contexto regional, teniendo en cuenta su proximidad espacial con otros países.

Ecuador está localizado en la región noroccidental de América del Sur, limitando al norte con Colombia, al sur y este con Perú, y al oeste con el océano Pacífico. Cuenta con una población para el 2022 de 16'938.986. El país está dividido en cuatro regiones geográficas: la región costera; la región de tierras altas o sierra; la región amazónica y la región insular (Islas Galápagos). Está dividido administrativamente en 24 provincias y 221 cantones (más una zona no delimitada) (Figura 1). Sin embargo, para la practicidad del estudio, se excluye la provincia de Galápagos (código 20), centrándose así en 23 provincias y 220 cantones.

Figura 1. Mapa del área de estudio. América Latina y Ecuador continental



Elaboración propia

Geopolíticamente, Ecuador enfrenta desafíos significativos debido a que comparte una extensa frontera con Colombia y Perú, los principales productores de cocaína a nivel mundial, lo que ha llevado a que las provincias fronterizas sean vulnerables a la actividad de grupos armados y organizaciones de narcotráfico (Austin & Shuldiner, 2024). La costa ecuatoriana alberga varios puertos importantes, como el Puerto de Esmeraldas, Manta, Guayaquil y Bolívar (Figura 1), que son críticos para el comercio internacional y, lamentablemente, también para el tráfico de drogas. La ubicación estratégica de estos puertos facilita el acceso a rutas marítimas internacionales. La geografía y las características de infraestructura del país, incluyendo su corta extensión territorial y una red vial que permite cruzar de frontera a frontera en menos de 12 horas, hacen de Ecuador una plataforma atractiva para el tráfico de drogas hacia mercados internacionales (Policía Nacional del Ecuador, 2023).

2.2. Fuente de datos

En la tabla 1 se detallan las fuentes de información utilizadas para los análisis. Los datos correspondientes a América Latina se obtuvieron del portal de datos de la UNODC. Se consideraron las frecuencias y tasas de los datos sobre víctimas de homicidio intencional del año 2022 o el último año disponible desde 2019.

Los datos de mortalidad se obtienen de los registros de Defunciones generales de los años 2015-2022 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). La base de datos de Defunciones generales presenta registros individuales de mortalidad sin identificación confidencial, que se obtiene del Registro Civil de Ecuador. Este Registro Estadístico de Defunciones Generales incluye todas las muertes que ocurrieron o fueron registradas en el país, excepto las muertes fetales. Una base de datos está disponible para cada año de registro, por tanto, para facilitar el procesamiento todas las bases se unen y se excluyen los registros que tienen año de fallecimiento diferente del periodo a estudiar. Los datos se agruparon por cantón y provincia de fallecimiento, grupos de edad, sexo, distribución geográfica regional y fecha de fallecimiento. Se seleccionaron todas las causas de fallecimientos codificadas conforme a la Clasificación Internacional de Enfermedades en su décima revisión (CIE-10) desde la categoría X85 hasta Y09. Estas categorías abarcan homicidios y lesiones ocasionadas por otra persona con intento de lesionar o matar, por cualquier medio. Los datos de población se extrajeron de las estimaciones poblacionales realizadas por el INEC.

Tabla 1. Fuentes de información

Área	Fuente	Link
América Latina	UNODC-Tasas de Homicidio intencional	https://dataunodc.un.org/dp-intentional-homicide-victims
Ecuador	INEC-Defunciones generales 2015-2022	https://www.ecuadorencifras.gob.ec/defunciones-generales
	INEC-Proyecciones poblacionales 2015-2022	https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales

Fuente: bases de datos consultadas hasta agosto de 2024. Elaboración propia

2.3. Métodos de análisis

Con las tasas brutas de mortalidad (2022 o último año disponible desde 2019) de América Latina se calcula el riesgo excesivo o relativo y se realiza un análisis de agrupación (clústers) utilizando el método de *k-means++*. El riesgo excesivo o relativo es un tipo de tasa de morbilidad o mortalidad estandarizada que se usa con frecuencia en salud pública y se calcula como la relación entre la tasa observada y la tasa esperada. Para estimar las tasas esperadas, se calcula la suma total de todos los homicidios en los países de América Latina, ponderada por la población de cada país (Anselin, 2003; Nyadanu et al., 2019). El método de *k-means++* es un algoritmo que agrupa un conjunto de datos en *k* grupos basados en sus características (Anselin, 2003; Zhang et al., 2023). Como parámetros de entrada se utilizan 50 re-inicializaciones con un máximo de 1.000 iteraciones. El número de *k* grupos se determina utilizando el método del codo, el cual consiste en trazar un gráfico de la suma de cuadrados intra-clúster en función del número de clústers seleccionados y buscar el valor *k* donde se observa una disminución a esta medida y forma una curva similar a un codo (Anselin, 2020). Para este estudio se seleccionaron 5 clústers.

Para los datos de Ecuador, se llevan a cabo análisis estadísticos descriptivos para examinar las frecuencias y tasas brutas de mortalidad de todo el país de forma anual, por género, grupos de edad, distribución geográfica regional y área. Para el cálculo de las tasas brutas de mortalidad anual se utilizaron las proyecciones poblacionales del INEC, y por género, grupo, región y área geográfica se utilizó un promedio de población de los años 2015-2022. También, se calculan las tasas brutas de mortalidad para cada año por provincia y cantón de fallecimiento. Todas las tasas brutas de mortalidad son expresadas por cada 100.000 habitantes y se presentan en mapas de coropletas categorizadas en cinco grupos.

El análisis de tendencias temporales se realiza utilizando la prueba estadística no paramétrica de Mann-Kendall, que se utiliza ampliamente para determinar si una serie temporal tiene una tendencia monótona ascendente o descendente. Para utilizar esta prueba no es necesario que los datos se ajusten a una distribución normal (Helsel & Frans, 2006) y tiene un buen desempeño a pesar de la existencia de valores atípicos en la serie (Yang et al., 2020). La hipótesis nula (H_0) para la prueba es que la serie no tiene una tendencia monótona. La hipótesis alternativa (H_A) es que existe una tendencia no nula, es decir, positiva o negativa. Para este estudio se utiliza un nivel de significancia (*p-value*) de 0,1 para evaluar la significancia de las tendencias observadas.

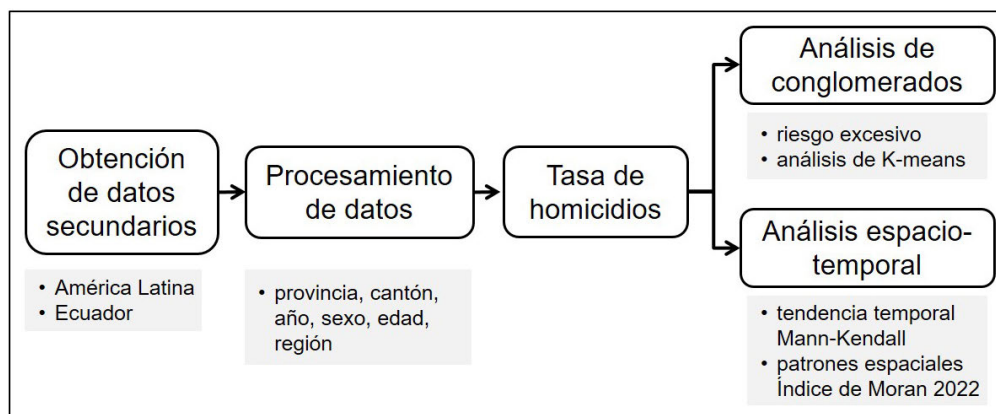
Se utilizaron estadísticas espaciales para probar si las tasas a nivel provincial y cantonal para el último año de estudio (2022) tienen autocorrelación global o local significativo. El Índice de Moran es el indicador más utilizado de autocorrelación espacial (Cliff & Ord's, 1973; Moran, 1950). El Índice de Moran global se utiliza para determinar si las tasas de homicidio exhiben una autocorrelación espacial a nivel general, mientras que

el Índice de Moran local proporciona información sobre la presencia de agrupaciones espaciales específicas (clústers) de altas o bajas tasas de homicidio en áreas provinciales y cantonales. Los valores del Índice de Moran global puede oscilar entre 1 y -1, donde los valores superiores a 0 representan autocorrelación espacial positiva e inferiores a 0 negativa (Huo et al., 2012). Para este análisis se utiliza el criterio de contigüidad de Reina (a partir de un vértice común, los polígonos se consideran vecinos). Por la cantidad de incertidumbre de los datos disponibles, se utiliza un nivel de confianza del 90%, calculado mediante 99.999 permutaciones. El nivel de confianza implica un nivel de significancia del 10%, por lo tanto, los valores p obtenidos se comparan con 0,1, y solo aquellos inferiores a este valor se consideran estadísticamente significativos.

Se utiliza el software R para el análisis de datos y la prueba de Mann-Kendall. El riesgo excesivo o relativo, el análisis de agrupación con *k-means++* y el Índice de Moran se calculan usando GeoDa 1.22 y los mapas se generan utilizando el software Qgis 3.28.

En la figura 2, se muestra el diagrama metodológico del tratamiento de datos y métodos usados para el análisis.

Figura 2. Esquema metodológico del estudio



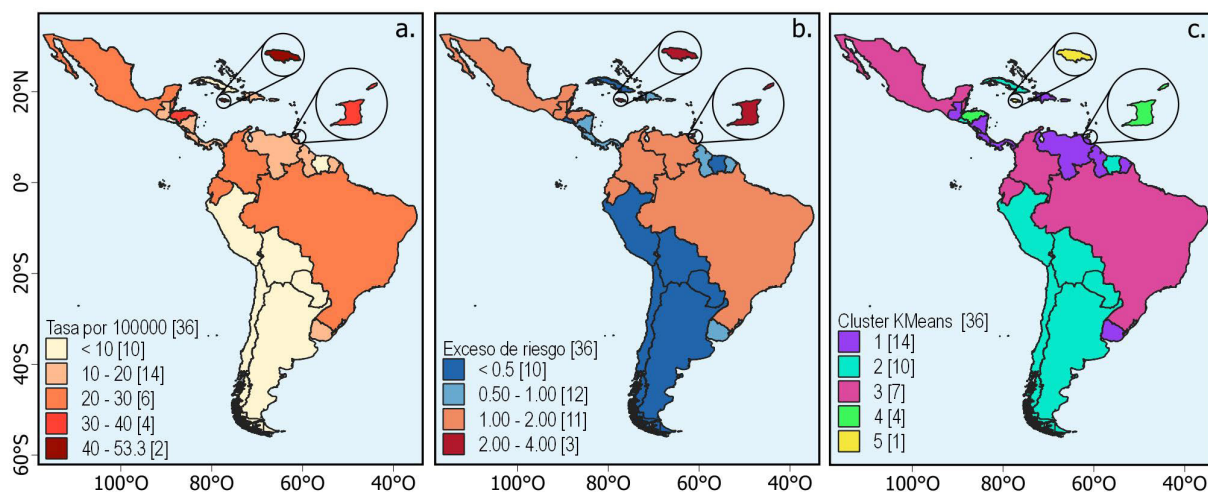
Elaboración propia

3. Resultados

En la figura 3, se muestra la tasa por 100.000 habitantes (Figura 3a), el exceso de riesgo (Figura 3b) y análisis de *k-means++* (Figura 3c) de los homicidios reportados en América Latina. Jamaica (53,34), San Vicente (40,41) y Trinidad y Tobago (39,52) presentan los valores más altos de tasas de homicidio y un exceso de riesgo significativamente alto en comparación al promedio regional. Ecuador ocupa el noveno lugar de las tasas de homicidio más altas (26,99) y presenta un exceso de riesgo relativamente alto en comparación con el promedio regional. Con respecto al análisis de *k-means++* se observa que Ecuador comparte patrones similares de tasas de homicidio con países como México, Colombia y Brasil.

Figura 3. Análisis de conglomerados de víctimas de homicidio en América Latina.

a) Tasa bruta de mortalidad (2022 o último año disponible desde 2019), b) Exceso de riesgo, c) Análisis de *k-means++*



Elaboración propia

A nivel de Ecuador, durante el periodo 2015-2022, se registran 12.081 muertes por homicidio, con una notable variación a lo largo de los años. Las tasas brutas de homicidios muestran un incremento progresivo a lo largo de los años. Durante el periodo estudiado, se ha observado un aumento constante en la incidencia de homicidios en el país, destacándose el año 2022 como el más crítico, alcanzando un total de 4.451 (37% del total) y una tasa de 25,13 por cada 100.000 habitantes. Según la distribución por sexo, el 88% de fallecidos son hombres, con una tasa de 124,8 por cada 100.000 habitantes, mientras que el 12% son mujeres, cuya tasa es de 16,93 por cada 100.000 habitantes. Los jóvenes son el grupo etario más afectado, con el 34% de las muertes en el grupo de 20 a 29 años (tasa de 136,79 por cada 100.000 habitantes), le sigue el grupo de 30 a 39 con 29% del total (tasa de 135,04 por cada 100.000 habitantes). La distribución regional reporta una mayor frecuencia de defunciones en la región Costa con el 74% del total y una tasa de 98,03 por cada 100.000 habitantes. Por áreas, las zonas urbanas concentran el 84% de las muertes, con una tasa de 92,81 por cada 100.000 habitantes. En la tabla 2 se presentan la descripción estadística de los datos con los valores absolutos, proporciones y tasas brutas de mortalidad, desglosados por total de la población.

Tabla 2. Características epidemiológicas de las muertes por homicidio, Ecuador 2015-2022

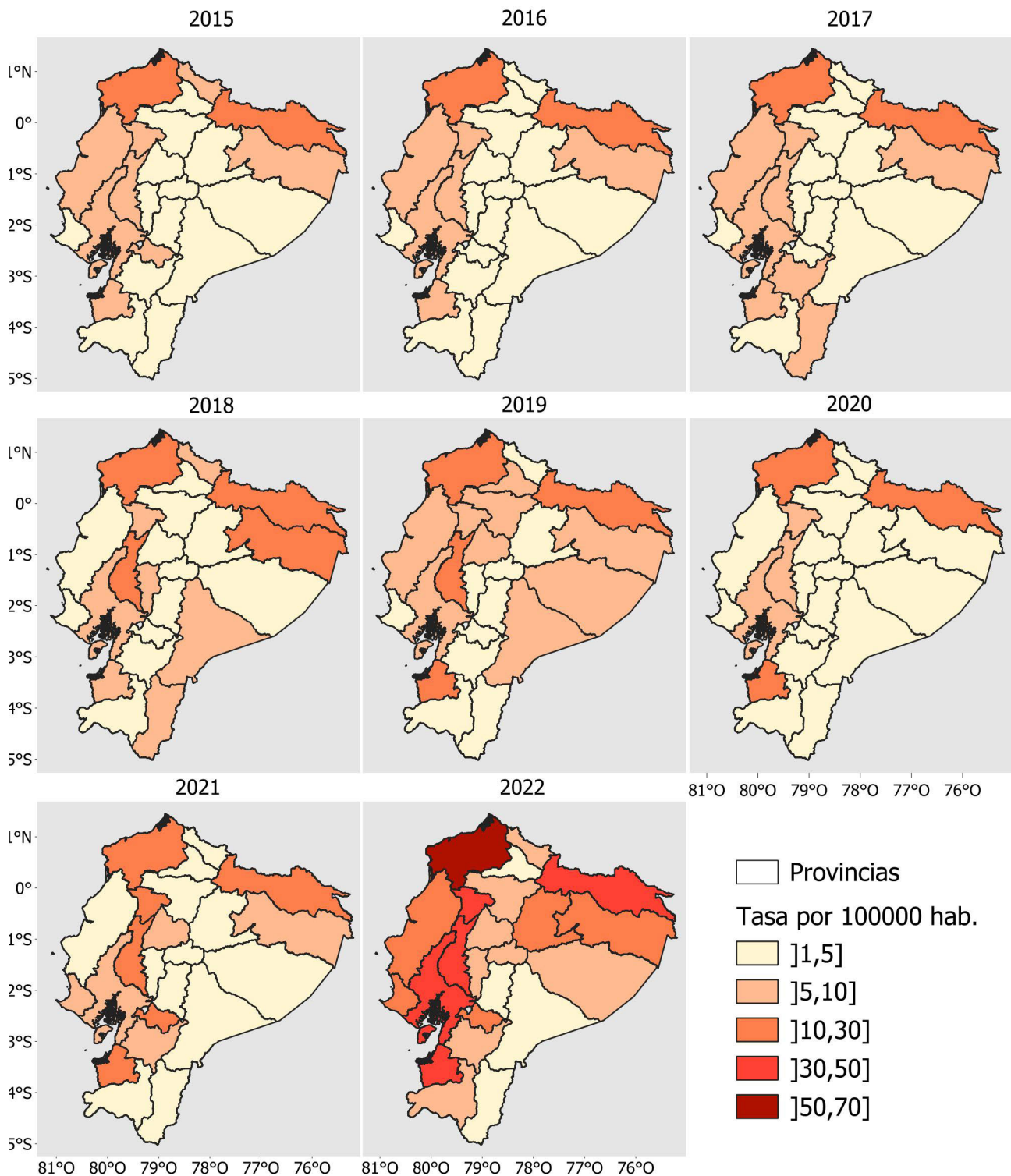
Variable	Todos, N = 12.081	Tasa bruta por 100.000
Año		
2015	1.005 (8,3%)	6,18
2016	946 (7,8%)	5,72
2017	964 (8,0%)	5,74
2018	1.000 (8,3%)	5,86
2019	1.251 (10%)	7,21
2020	1.083 (9,0%)	6,8
2021	1.381 (11%)	7,84
2022	4.451 (37%)	25,13
Sexo		
Masculino	10.626 (88%)	124,8
Femenino	1.455 (12%)	16,93
Grupo de edad		
0-9	169 (1,4%)	5,34
10-19	848 (7,0%)	26,8
20-29	4.146 (34%)	136,79
30-39	3.461 (29%)	135,04
40-49	1.815 (15%)	92,76
50-59	872 (7,2%)	60,41
60-69	443 (3,7%)	45,4
70-79	208 (1,7%)	39,76
80-89	102 (0,8%)	46,03
90-99	16 (0,1%)	27,4
100+	1 (<0,1%)	15,94
Región		
Amazonia	573 (4,8%)	63,03
Costa	8.956 (74%)	98,03
Insular	4 (<0,1%)	14,1
Sierra	2.518 (21%)	35,78
Área		
Urbano	10153 (84,04)	92,81
Rural	1928 (15,96)	31,09

Elaboración propia

A nivel provincial (Figura 4), se observa que durante el 2015 a 2020 las provincias de Sucumbíos y Esmeraldas y El Oro, registran las tasas más altas de homicidios en relación a las demás provincias. En el 2021 y

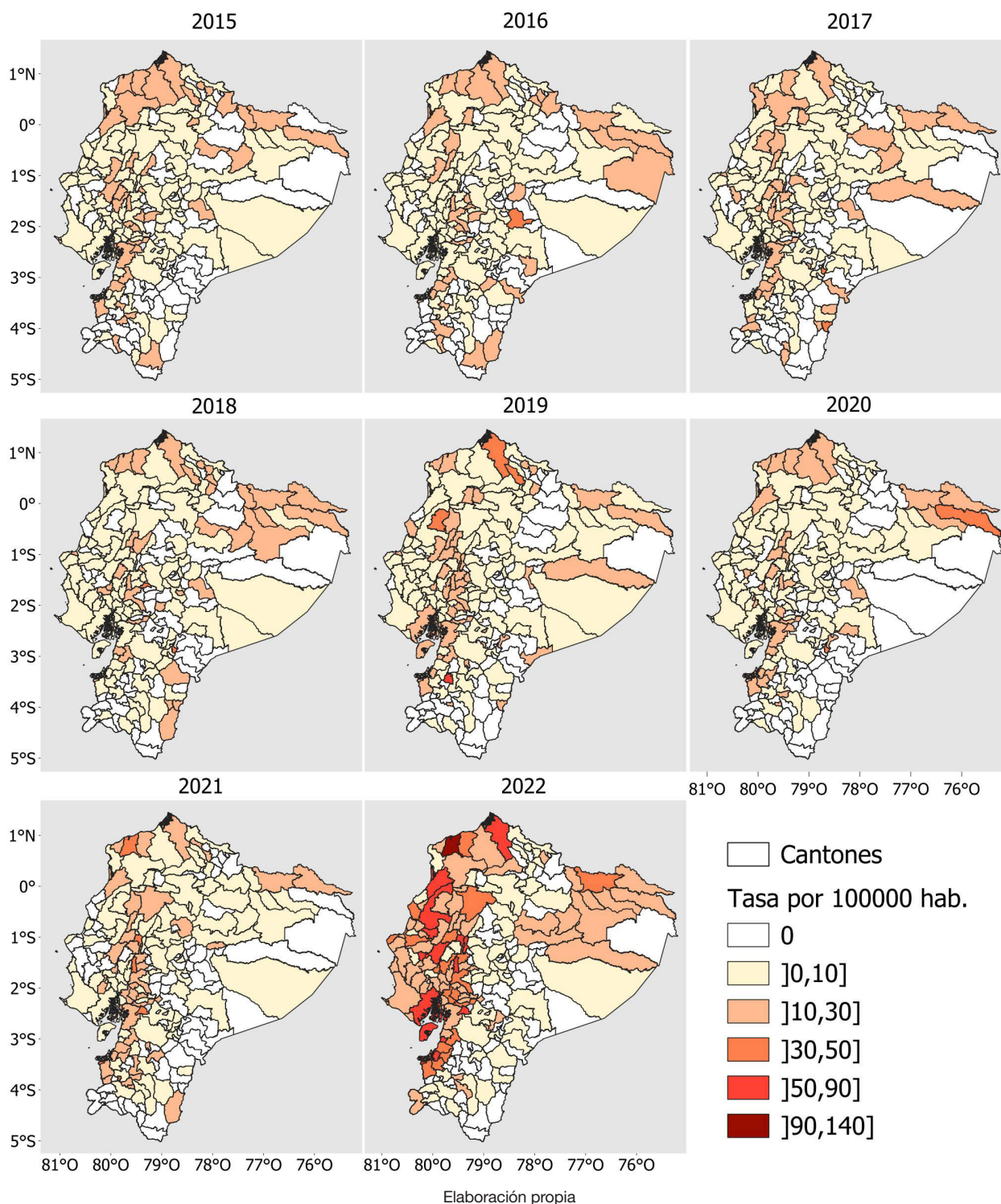
2022 el incremento en las tasas de homicidio se extiende a las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos y Guayas. Al nivel más específico de cantón (Figura 5), se observa que en el 2022 las tasas más altas de homicidios por 100.000 habitantes se concentran principalmente en la frontera norte, abarcando los cantones de Esmeraldas (133,22), Río Verde (46,78), San Lorenzo (73,02) y Lago Agrio (46,52), así como en diversos cantones ubicados la franja central y sur de la región costa.

Figura 4. Tasa bruta de mortalidad por provincia de fallecimiento, 2015 a 2022



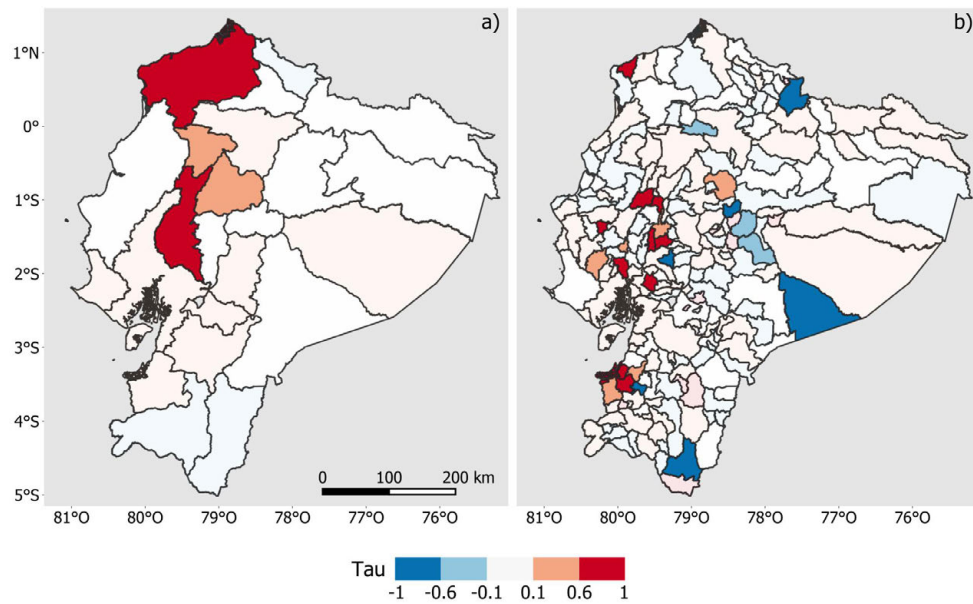
Elaboración propia

Figura 5. Tasa bruta de mortalidad por cantón de fallecimiento, 2015 a 2022



El análisis de tendencias de las tasas de mortalidad por homicidio de 2015 a 2022 se muestran en la figura 6. A nivel provincial, Esmeraldas y Los Ríos ($\tau > 0,6$ y $p < 0,1$) presentan una tendencia positiva significativa ($p < 0,1$), es decir, un aumento considerable en las tasas a lo largo de estos años (Figura 6a). A nivel cantonal (Figura 6b), Atacames, Empalme, Quevedo, Olmedo de Manabí, Pueblo Viejo, Urdaneta, Daule, Milagro, Machala y Santa Rosa ($\tau > 0,6$ y $p < 0,1$), muestran una tendencia positiva significativa, lo que indica un aumento progresivo en las tasas de mortalidad. En contraste, cantones como Sucumbíos, Santiago de Pillaro, Montalvo, Taisha, Atahualpa y Palanda ($\tau < -0,6$ y $p < 0,1$), exhiben una tendencia negativa significativa, indicando una disminución notable en las tasas de mortalidad.

Figura 6. Mapas de tendencias temporales de Mann-Kendall (Tau), para el periodo 2015-2022.
a) provincias de fallecimiento, b) cantones de fallecimiento

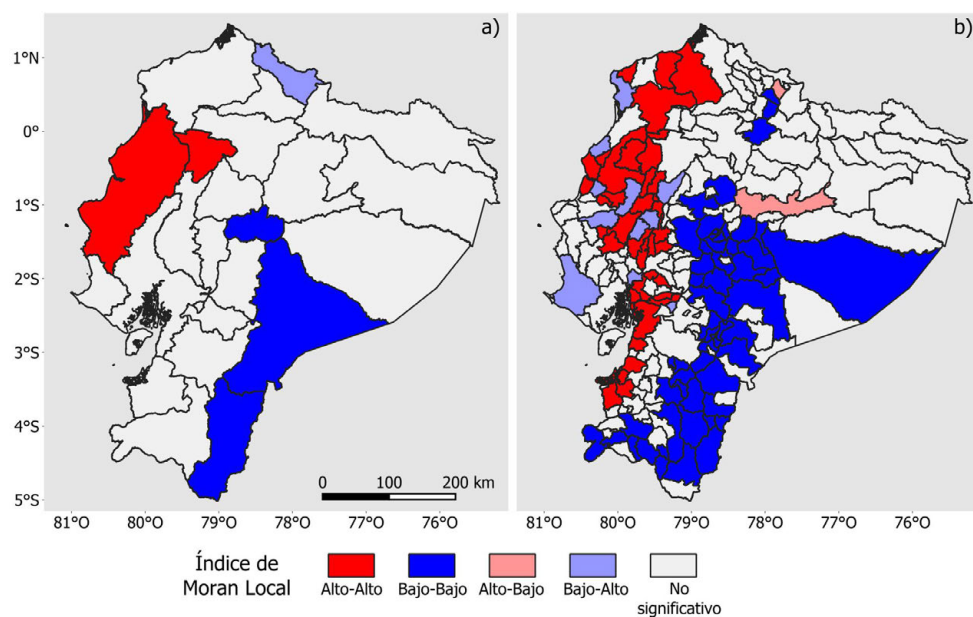


Elaboración propia

El Índice de Moran local se utiliza para analizar el año más crítico del periodo de estudio (Figura 7). Se identificaron dos provincias con conglomerados de tipo Alto-Alto durante el año 2022: Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas, esto indica que estas provincias tienen altas tasas de homicidios y están rodeadas por otras provincias con tasas también altas. Además, se observaron conglomerados de tipo Bajo-Bajo en las provincias de Tungurahua, Morona Santiago y Zamora Chinchipe (Figura 7a).

A nivel de cantón, los conglomerados de tipo Alto-Alto se hacen más evidentes a lo largo de la franja central de la costa ecuatoriana. En esta misma área geográfica, resulta interesante notar la presencia de conglomerados Bajo-Alto, lo que indica zonas con tasas bajas de homicidios rodeadas por áreas con tasas altas, las cuales podrían eventualmente verse afectadas por la influencia de sus vecinos. Por otro lado, los conglomerados de tipo Bajo-Bajo a nivel de cantón predominan principalmente en la región amazónica y en la sierra del centro-sur de Ecuador (Figura 7b).

Figura 7. Índice de Moran Local Univariado 2022. a) provincias de fallecimiento, b) cantones de fallecimiento



Elaboración propia

4. Discusión de resultados

Durante los últimos años del siglo XX y principios del XXI, la violencia ha sido uno de los principales problemas de salud pública en América Latina y el Caribe (Briceño-León et al., 2008). Los hallazgos de este estudio muestran que las tasas de homicidio en la región de las Américas están distribuidas de manera desigual. Sin embargo, Jamaica, Trinidad y Tobago y San Vicente resultaron con las tasas más elevadas, exceso de riesgo significativamente alto y registraron características similares en cuanto las tasas de homicidio en 2022 (Figura 3). Desde 1995, las tasas de homicidio en el Caribe han aumentado, particularmente en Jamaica y Trinidad y Tobago (Emmanuel & Campbell, 2012).

Se identificó un patrón espacial de tasas altas, exceso de riesgo alto y agrupamientos similares de las tasas de homicidio en Brasil, Colombia Ecuador y México (Figura 3). Un informe reciente señala que Colombia y México han estado plagados de violencia durante mucho tiempo, principalmente por los enfrentamientos entre carteles de la droga y la disputa entre grupos delictivos más pequeños que se enfrentan regularmente en guerras territoriales (Crisis Group, 2023). Por el contrario, se observa un patrón espacial de tasas bajas, exceso de riesgo bajo y agrupamientos similares de las tasas de homicidio en los países del sur (Figura 3). Este resultado está en línea con un estudio reciente que identificó a Argentina, Chile y Perú con las tasas de homicidios más bajas de la región (de Lima Friche et al., 2023).

En Ecuador, durante 2015-2022 se registraron 12.081 defunciones por homicidios. Identificamos un aumento significativo a partir de 2018 y el año 2022 resultó el más violento con 4.451 homicidios, lo que representa una tasa de 25,13 por cada 100.000 habitantes. En comparación, un balance de homicidios en 2022 posicionó a Argentina y Chile con las tasas más bajas de la región con 4,2 y 4,6, respectivamente (InSight Crime, 2024). El incremento de homicidios también lo han experimentado Brasil, Colombia y México, lo que demuestra que los homicidios son un preocupante problema de salud pública (López-Ortiz et al., 2024; Silva et al., 2023; Suarez, 2020). Las muertes violentas se han relacionado con la presencia de cárteles del narcotráfico como primera respuesta del ente oficial (Mella, 2022). En Ecuador, los cambios en las rutas y redes que sustentan el tráfico de drogas han provocado estallidos de violencia (Crisis Group, 2023). Un país que tradicionalmente se consideraba seguro y pacífico se ha transformado en el más violento de América Latina, impulsado por el narcotráfico y el crimen organizado (Savelli, 2024). No obstante, es importante destacar que este estudio no profundiza en las causas subyacentes, por tanto, se requiere de estudios más detallados que sustenten este aumento.

En relación con la distribución por sexo (2015-2022), la tasa de defunciones por homicidios en los hombres resultaron más altas que de las mujeres con el 124,8 por cada 100.000 habitantes (88%) (Tabla 2). Este hallazgo es similar al de Colombia durante 1992-2015 con el 92,6% (Vallejo et al., 2018), México entre 2015 y 2022 con el 88,96% (López-Ortiz et al., 2024) y el Nordeste de Brasil durante 2000-2019 con el 93,04% (Silva et al., 2023). Sin embargo, aunque los homicidios en mujeres resultó menor, es un tema que merece un análisis independiente. En América Latina todavía existe una cultura patriarcal profundamente arraigada que conduce al machismo, como resultado, la mayoría de los homicidios de mujeres son feminicidios (de Lima Friche et al., 2023). Un estudio ecológico durante 2001-2017 identificó a las provincias de Sucumbíos, Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Bolívar y El Oro con las tasas más altas de homicidios femeninos (Ortiz-Prado et al., 2022).

Se detectó que la población joven (20-29) y adultos jóvenes (30-39 años) registraron más de la mitad de los homicidios, con tasas de 136,79 y 135,04 por cada 100.000 habitantes respectivamente (Tabla 2). Un estudio en México informó altas tasas de homicidios en hombres (promedio de 2015-2022) de edades jóvenes, de 25 a 29 años, con 80,50 por cada 100.000; de 30 a 34 años, con 81,43; y de 35 a 39 años, con 79,64 (López-Ortiz et al., 2024). En Ecuador, se ha asociado la muerte de hombres jóvenes con asesinatos selectivos (sicariatos) llevados a cabo por criminales organizados para capturar territorios específicos (Sosa et al., 2023). Los niños de tan sólo 12 años son reclutados u obligados a formar parte de las pandillas y se les asignan tareas que van desde servir como vigilantes hasta cometer delitos violentos (Savelli, 2024). Además, se identificó que en la costa ecuatoriana es donde se presentan más homicidios (74% del total). Este comportamiento es similar al de Brasil y México, donde la distribución espacial de la mortalidad por homicidios se ha concentrado más en las regiones costeras (Arteaga-Botello et al., 2019; Silva et al., 2023).

En el año 2022, a nivel provincial y de cantón identificamos tasas de homicidios mayores de 40 por cada 100.000 habitantes en la región Costa y Amazonia norte (Figuras 4 y 5). En comparación, México un país con altos índices de violencia registró tasas mayores de 27 por cada 100.000 en estados costeros como Guerrero, Colima y Sinaloa, y un alto número de municipios violentos con más de 60,7 homicidios por cada 100.000, en

2015 (Arteaga-Botello et al., 2019). Las altas tasas de homicidios en 2022 podrían explicarse en parte por el surgimiento de nuevos centros criminales en áreas que ofrecen beneficios estratégicos a los narcotraficantes y permiten forjar conexiones novedosas entre grupos transnacionales (Crisis Group, 2023).

La ubicación geográfica de Ecuador y otras características ambientales desde hace largo tiempo brindan incentivos para el crimen organizado transnacional, que aprovecha el país como punto de trasbordo de narcóticos y como refugio logístico (InSight Crime, 2023). En 2023, tres de las cinco mayores incautaciones de cocaína en puertos europeos procedían de Ecuador, lo que ha provocado un empeoramiento considerable de la situación de seguridad en este país (Laplace, 2024). Además, la extorsión y los delitos ambientales como la tala ilegal podrían estar violentando a las poblaciones de la amazonia ecuatoriana que registró altas tasas de homicidios durante el periodo de estudio, por ejemplo, la provincia de Sucumbíos con 32-46 homicidios por cada 100.000 habitantes (Figura 4). Estas actividades ilícitas son menos rentables que el narcotráfico, pero generan ingresos relativamente estables con un menor riesgo y permiten reforzar el control sobre las comunidades (Crisis Group, 2023).

La prueba no paramétrica de Mann-Kendall permitió identificar tendencias temporales de las tasas de homicidios (Figura 6). En particular, se observa una tendencia en aumento en las tasas de las provincias de Los Ríos y Esmeraldas, esta última es un caso particular porque presenta problemas específicos de violencia. Por una parte, altas tasas de homicidios femeninos (Ortiz-Prado et al., 2022) y por otro, narcotráfico y crimen organizado (Sosa et al., 2023). A pesar de las estrategias implementadas por los gobiernos que ha consistido en la participación permanente del ejército y estados de excepción la tendencia de homicidios en Ecuador no muestra señales de disminuir. Un claro ejemplo son los cantones de Atacames, Empalme, Quevedo, Olmedo de Manabí, Pueblo Viejo, Urdaneta, Daule, Milagro, Machala y Santa Rosa que se localizan en la costa ecuatoriana y registraron las tendencias más elevadas del periodo de estudio.

Los mapas de autocorrelación espacial muestran conglomerados espaciales de las tasas de homicidios (Figura 7). En especial, se detectaron agrupamientos de tipo alto-alto en la franja central de la costa ecuatoriana, lo que fortalece la suposición de que los cambios en las rutas y redes que sustentan el tráfico de drogas han provocado estallidos de violencia principalmente en la región costa. Asimismo, la presencia del crimen organizado ha intensificado otros delitos como el tráfico de personas, la extorsión y el secuestro, que de igual manera inciden en la violencia generada en esta región (Laplace, 2024). Sosa et al. (2023) demostró que la elección de arma de fuego es más común en la costa oriental, en el interior del este y también en el noroeste del Ecuador (Sosa et al., 2023).

También se observan conglomerados de tipo bajo-alto, que podrían ser interesantes de analizar desde una perspectiva de prevención. Por ejemplo, en las áreas donde existe una fuerte presencia del narcotráfico y crimen organizado, se podrían implementar políticas centradas en mejorar la seguridad y vigilancia. En contraste, en aquellas zonas con agrupaciones de tipo bajo-bajo, con menor grado de criminalidad y que están influenciados por sus vecinos, las intervenciones podrían enfocarse en la prevención, educación y desarrollo económico (Canudas-Romo & Aburto, 2019). Estudios en Ecuador han demostrado que el uso de tecnología, incluida la videovigilancia en ciudades y transportes, el uso de datos estadísticos para georeferenciar lugares críticos y la proximidad de las fuerzas policiales en comunidades han ayudado a disminuir la tasa de homicidio en periodos entre 2008 y 2016 (Benitez, 2019; Castro-Aniyar & Jácome, 2022; Moncada, 2010).

Según el Observatorio Ecuatoriano de Crimen Organizado, en 2023, Ecuador registró la tasa de homicidio más alta de Centro y Suramérica (OECD, 2024). La violencia continuó en los primeros meses del 2024 con varios atentados que han puesto en duda la eficacia del plan anticrimen del gobierno actual para controlar las bandas criminales (InSight Crime, 2024). Esto subraya la necesidad de continuar con estudios basados en evidencia que permitan desarrollar estrategias más efectivas y adaptadas a la realidad del país. Muchas estrategias de prevención son adaptadas, continuadas o interrumpidas en base a los criterios subjetivos de los gestores públicos o de acuerdo a la capacidad de lograr un apoyo político o electoral (Cano & Rojido, 2017).

Es importante reconocer algunas limitaciones de este estudio que podrían influir en la interpretación de los resultados y en la implementación de las estrategias. Primero, según evaluaciones de la calidad de los datos de defunciones del Ecuador, existen problemas en la codificación de la causa básica de muerte (Peralta et al., 2019), no obstante, el INEC, encargado de la recopilación y validación de estos datos, ha mejorado significativamente las estadísticas vitales en los últimos años (Ministerio de Salud Pública [MSP], 2024), por tanto, los datos disponibles son representativos y adecuados para el análisis de las tasas de homicidio a nivel provincial y cantonal, y para los fines del estudio. Segundo, los datos de homicidios están disponibles hasta 2022, lo que limita la capacidad de identificar patrones espaciales en años posteriores donde la violencia

ha incrementado de acuerdo con diferentes informes (Global Initiative Against Transnational Organized Crime [GI-TOC], 2023; InSight Crime, 2024; OECO, 2024). Sin embargo, el análisis desarrollado permite identificar focos espaciales críticos como una puerta de entrada para estudios futuros. Tercero, las bases de datos utilizadas no cuentan con información sobre causa desagregada por determinante o información de la víctima, lo que impide hacer un análisis más específico sobre el tipo de violencia. Además, sería conveniente, en futuras investigaciones, realizar análisis más finos que permita focalizar las estrategias e incluir otros métodos más avanzados de modelización que permitan hacer interacciones con otras variables socioeconómicas (por ejemplo, pobreza, desigualdad, estilos de vida, entre otras). También, se podría incluir opiniones de expertos en criminología que permitan proporcionar una visión más profunda de los factores subyacentes a la violencia, validar las metodologías empleadas y ofrecer recomendaciones más precisas y efectivas.

Con respecto a la metodología empleada, es importante reconocer ciertas limitaciones. Aunque la prueba de Mann-Kendall es aplicable a series temporales cortas (menos de 10 años), su robustez y precisión aumentan con series más largas, lo que permite detectar tendencias de forma más confiable. En este caso, los resultados deben considerarse como un primer indicio de la tendencia. Además, por la cantidad e incertidumbre de los datos que tenemos se decidió utilizar un nivel de confianza de 90%, lo que implica considerar las tendencias significativas si el valor p es a 0,1. Para futuros estudios, se recomienda el uso de series temporales más extensas, que permitan realizar un análisis de tendencias más sólido.

5. Conclusiones

Las tasas de homicidio en Ecuador han experimentado un aumento significativo en los últimos años, alcanzando un pico alarmante en el año 2022. Este incremento refleja un deterioro en la seguridad pública del país y una tendencia preocupante en la región de América Latina, donde la violencia sigue siendo una de las principales causas de mortalidad, especialmente entre la población joven. En Ecuador los hombres jóvenes son las principales víctimas, lo cual es consistente con tendencias observadas en otros contextos de alta criminalidad en América Latina, lo que sugiere la existencia de factores comunes que perpetúan la violencia en estos grupos.

Los resultados obtenidos en este estudio han permitido identificar y priorizar las provincias y cantones de Ecuador con los focos espaciales más críticos en términos de homicidios. Las provincias costeras, como Esmeraldas, Los Ríos, Manabí, y Santo Domingo, así como las áreas del norte de la región amazónica, registran las tasas más elevadas de homicidios. Estas áreas no solo concentran la mayor parte de la violencia, sino que también muestran tendencias crecientes y conglomerados significativos. Estas tendencias de crecimiento podrían estar vinculadas a actividades de crimen organizado y tráfico de drogas. Además, al nivel más detallado del análisis cantonal, se han identificado focos críticos en el centro de la franja costera, en cantones que no necesariamente cuentan con puertos principales, lo que indica que los factores que alimentan la violencia pueden estar relacionados con dinámicas locales más complejas. Estos incluyen posibles luchas internas entre bandas locales para el control del territorio, actividades ilícitas y presencia de dinámicas relacionadas con la expansión de las redes criminales. Asimismo, a nivel de cantón, se pueden observar conglomerados de tipo bajo-alto, que pueden sugerir áreas en transición donde la violencia podría emerger o expandirse.

Este estudio también aporta significativamente al demostrar cómo el análisis espacio-temporal puede ser una herramienta eficaz para entender la distribución de la violencia en un país en vías de desarrollo, y cómo estos hallazgos pueden ser utilizados para diseñar estrategias de intervención más focalizadas y efectivas. La metodología empleada no solo es aplicable a Ecuador, sino que también podría ser transferida a otros países de América Latina con contextos similares de violencia, proporcionando un marco robusto para futuras investigaciones y políticas públicas en la región.

A pesar de las dificultades encontradas para acceder a variables explicativas confiables debido a temas de seguridad y confidencialidad, el estudio proporciona una puerta de entrada para varias líneas de investigación futuras, en donde se puedan integrar análisis más detallados por tipo de violencia y otros métodos o modelos que relacionen factores de riesgo como los registros de armas, drogas y desempleo, con las tasas de homicidios. Estos modelos podrían mejorar el entendimiento de las dinámicas subyacentes de la violencia y proponer intervenciones más precisas. También sería importante evaluar como las estrategias y planes adoptados por los gobiernos han contribuido o no a la reducción de los homicidios, ya que existe una escasez de evaluaciones de impacto que concluyan de manera sólida que políticas o programas han tenido éxito.

Contribución de autoría

Conceptualización: Karina Lalangui Vivanco, Emmanuelle Quentin.

Curación de datos: Karina Lalangui Vivanco, Emmanuelle Quentin.

Análisis formal: Karina Lalangui Vivanco, Emmanuelle Quentin.

Metodología: Karina Lalangui Vivanco, Emmanuelle Quentin.

Supervisión: Emmanuelle Quentin.

Visualización: Karina Lalangui Vivanco, Emmanuelle Quentin.

Redacción – borrador original: Karina Lalangui Vivanco, Emmanuelle Quentin, Christian Sánchez-Carrillo.

Redacción – revisión y edición: Karina Lalangui Vivanco, Emmanuelle Quentin, Christian Sánchez-Carrillo

Referencias

- Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93–115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Anselin, L. (2003). *GeoDa™ 0.9 User's Guide Spatial Analysis Laboratory, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois, Urbana-Champaign Urbana and Center for Spatially Integrated Social Science*. https://geodacenter.github.io/workbook/3b_rates/lab3b.html
- Anselin, L. (2020). *Cluster Analysis (1): K Means Clustering*. https://geodacenter.github.io/workbook/7bk_clusters_1a/lab7b.html
- Arteaga-Botello, N., Dávila-Cervantes, C. A., & Pardo-Montaña, A. M. (2019). Necro-spaces and Violent Homicides in Mexico. *International Journal of Conflict and Violence (IJCV)*, 13, a660–a660. <https://doi.org/10.4119/ijcv-3125>
- Austin, A. & Shuldiner, H. (2024, March 7). *Unmasking the Foreign Players on Ecuador's Criminal Chessboard*. InSight Crime. <https://insightcrime.org/es/noticias/desenmascarando-actores-extranjeros-tablero-criminal-ecuadoriano/>
- Banco Mundial. (2020). *Base de datos de Estadísticas de homicidios internacionales de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito*. World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org>
- Benitez, G. (2019). *Implementing Comprehensive Citizen Security Strategies in Ecuador*. <https://www.effectivecooperation.org/system/files/2021-06/Case%20Study%20Implementing%20Comprehensive%20Citizen%20Security%20Strategies%20in%20Ecuador.pdf>
- Briceño-León, R., Villaveces, A., & Concha-Eastman, A. (2008). Understanding the uneven distribution of the incidence of homicide in Latin America. *International Journal of Epidemiology*, 37(4), 751–757. <https://doi.org/10.1093/ije/dyn153>
- Cano, I., & Rojido, E. (2017). *Mapeo de Programas de Prevención de Homicidios en América Latina y el Caribe*. https://forumseguranca.org.br/wp-content/uploads/2017/03/FBSP_Mapeamento_programas_prevencao_homicidios_2016_RESUMEN.EJECUTIVO_esp.pdf
- Canudas-Romo, V., & Aburto, J. (2019). Youth lost to homicides: Disparities in survival in Latin America and the Caribbean. *BMJ Global Health*, 4, e001275. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2018-001275>
- Carcach, C. (2015). A spatio-temporal model of homicide in El Salvador. *Crime Science*, 4(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s40163-015-0033-6>
- Castro-Aniyar, D., & Jácome, J. C. (2022). Proximity police and its impact on the decrease of crime in Ecuador: An analysis of the period between 2009-2015. *Cogent Social Sciences*, 8(1), 2023252. <https://doi.org/10.1080/23311886.2021.2023252>
- Chandan, J. S., Taylor, J., Bradbury-Jones, C., Nirantharakumar, K., Kane, E., & Bandyopadhyay, S. (2020). COVID-19: A public health approach to manage domestic violence is needed. *The Lancet Public Health*, 5(6), e309. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30112-2](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30112-2)
- Cliff, A.D. & Ord's, J.K. (1973). *Spatial autocorrelation*. Pion.
- Crisis Group. (2023). *América Latina lucha contra una nueva ola de criminalidad*. <https://www.crisisgroup.org/es/latin-america-caribbean/latin-america-wrestles-new-crime-wave>
- de Lima Friche, A. A., Silva, U. M., Bilal, U., Sarmiento, O. L., de Salles Dias, M. A., Prado-Galbarro, F. J., Briceño-León, R., Alazraqui, M., Diez-Roux, A. V., & Caiaffa, W. T. (2023). Variation in youth and young adult homicide rates and their association with city characteristics in Latin America: The SALURBAL study. *Lancet Regional Health. Americas*, 20, 100476. <https://doi.org/10.1016/j.lana.2023.100476>
- Donoso, M. E. A., Maurisaca, N. E. C., & Reyes, J. E. A. (2022). Análisis de Correspondencias Múltiples para el Estudio de los Homicidios Intencionales en el Ecuador. *Revista Politécnica*, 50(3), Article 3. <https://doi.org/10.33333/rp.vol50n3.04>
- Emmanuel, M. K., & Campbell, M. H. (2012). Commentary: Homicide-Suicide in the Caribbean. *Journal of the American Academy of Psychiatry and the Law Online*, 40(4), 469–471. <https://jaapl.org/content/40/4/469>

- Fonseca-Rodríguez, O., & San Sebastián, M. (2021). "The devil is in the detail": Geographical inequalities of femicides in Ecuador. *International Journal for Equity in Health*, 20(1), 115. <https://doi.org/10.1186/s12939-021-01454-x>
- Gawryszewski, V. P., Sanhueza, A., Martinez-Piedra, R., Escamilla, J. A., & Souza, M. de F. M. de. (2012). Homicídios na região das Américas: Magnitude, distribuição e tendências, 1999-2009. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17, 3171-3182. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012001200003>
- Global Initiative Against Transnational Organized Crime (GI-TOC). (2023). *Índice global de crimen organizado 2023*. <https://globalinitiative.net>
- Helsel, D. R., & Frans, L. M. (2006). Regional Kendall Test for Trend. *Environmental Science & Technology*, 40(13), 4066-4073. <https://doi.org/10.1021/es051650b>
- Huo, X.-N., Li, H., Sun, D.-F., Zhou, L.-D., & Li, B.-G. (2012). Combining Geostatistics with Moran's I Analysis for Mapping Soil Heavy Metals in Beijing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph9030995>
- InSight Crime. (2023, March 20). *Perfil de Ecuador*. InSight Crime. <http://insightcrime.org/es/noticias-crimen-organizado-ecuador/ecuador>
- InSight Crime. (2024). *Balance de InSight Crime de los homicidios en 2023*. <https://insightcrime.org/wp-content/uploads/2023/08/Balance-de-InSight-Crime-de-los-homicidios-en-2023-Feb-2024.pdf>
- Laplace, L. (2024). L'Équateur, hub majeur de la cocaïne: Défis et perspectives. *Politiques des drogues*, (6), 47-54.
- López-Ortiz, E., Altamirano, J. M., Romero-Henríquez, L. F., & López-Ortiz, G. (2024). Characterization of Homicides in Mexico: Analysis of 2015-2022. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/ijerph21050617>
- Mella, C. (2022). *Ecuador alcanza la tasa más alta de muertes violentas de la última década*. <https://www.primicias.ec/noticias/en-exclusiva/ecuador-tasa-muertes-violentas-ultima-decada/>
- Ministerio de Salud Pública (MSP). (2024). *Análisis de datos para el impacto en salud*. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2024/10/Desigualdades-mortalidad-Ecuador-v2.pdf>
- Moncada, E. (2010). Counting bodies: Crime mapping, policing and race in Colombia. *Ethnic and Racial Studies*, 33(4), 696-716. <https://doi.org/10.1080/01419870903380854>
- Moran, P. A. P. (1950). Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika*, 37(1/2), 17-23. <https://doi.org/10.2307/2332142>
- Nyadanu, S. D., Pereira, G., Nawumbeni, D. N., & Adampah, T. (2019). Geo-visual integration of health outcomes and risk factors using excess risk and conditioned choropleth maps: A case study of malaria incidence and sociodemographic determinants in Ghana. *BMC Public Health*, 19(1), 514. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6816-z>
- Observatorio Ecuatoriano de Crimen Organizado (OEEO). (2024). *Boletín anual de homicidios intencionales en Ecuador: Análisis de las estadísticas finales de 2023*. <https://oeeo.padf.org/wp-content/uploads/2024/04/OEEO.-BOLETIN-ANUAL-DE-HOMICIDIOS-2023.pdf>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2002). *Informe mundial sobre la violencia y la salud: Resumen*. Organización Mundial de la Salud. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43431/9275324220_spa.pdf
- Ortiz-Prado, E., Villagran, P., Martinez-Abarca, A. L., Henriquez-Trujillo, A. R., Simbaña-Rivera, K., Gómez-BarrenoDíaz, L. A. M., Moyano, C. E., Arcos-Valle, V., Miño, M. D., & Morgan, S. A. (2022). Female homicides and femicides in Ecuador: A nationwide ecological analysis from 2001 to 2017. *BMC Women's Health*, 22(1), 260. <https://doi.org/10.1186/s12905-022-01839-2>
- Peralta, A., Benach, J., Borrell, C., Espinel-Flores, V., Cash-Gibson, L., Queiroz, B. L., & Marí-Dell'Olmo, M. (2019). Evaluation of the mortality registry in Ecuador (2001-2013) – social and geographical inequalities in completeness and quality. *Population Health Metrics*, 17(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s12963-019-0183-y>

- Peralta, J. X. P. (2023). El Aumento de la Violencia en Ecuador: Análisis de las Variables Socioeconómicas y su Relación con la Tasa de Homicidios. *Revista de Cultura de paz*, 7, 99–122. <https://doi.org/10.58508/cultpaz.v7.182>
- Policía Nacional del Ecuador. (2023). *Evaluación situacional del entorno estratégico del narcotráfico en Ecuador, 2019-2022*. <https://oeco.padf.org/wp-content/uploads/2023/07/EVALUACION-SITUACIONAL-NARCOTRAFICO-ECU-2019-2022-.pdf>
- Pontón, D., Rivera, F., & Amores, C. (2020). El giro punitivo y la reducción del homicidio en Ecuador 2009-2018. *Editorial IAEN*. <https://editorial.iaen.edu.ec/wp-content/uploads/sites/12/2020/08/El-giro-punitivo-y-la-reduccio%CC%81n-del-homicidio-en-Ecuador-2009-2018-2.pdf>
- Savelli, L. (2024). *GNUDS | Ecuador hace frente al aumento de la violencia y el crimen organizado*. <https://unsdg.un.org/es/latest/blog/ecuador-hace-frente-al-aumento-de-la-violencia-y-el-crimen-organizado>
- Silva, C. C. da, Souza, K. O. C. de, Paz, W. S. da, Santos, A. P. S., Melo, L. R. S. de, Sousa, Á. F. L. de, Araújo, D. da C., & Santos, A. D. dos. (2023). Spatial modeling of homicide mortality in the Northeast region of Brazil. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 76, e20220182. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2022-0182>
- Sosa, J., Briz-Redón, Á., Flores, M., Abril, M., & Mateu, J. (2023). A spatio-temporal multinomial model of firearm death in Ecuador. *Spatial Statistics*, 54, 100738. <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2023.100738>
- Sousa, S. B. da S., Del-Fiaco, R. de C., & Berton, L. (2019). Feature Selection for Clustering of Homicide Rates in the Brazilian State of Goiás. *CLEI Electronic Journal*, 22(3), Article 3. <https://doi.org/10.19153/cleiej.22.3.1>
- Suarez, L. I. M. (2020). Chronicles of an announced pandemic: Homicides in Colombia. *Universidad de Los Andes*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/67c08fa1-7f34-49b7-bbdd-1cfb393d2899/content>
- United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC).(2023). *Global Study on Homicide*. <https://www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/global-study-on-homicide.html>
- Vallejo, K., Tapias, J., & Arroyave, I. (2018). Trends of Rural/Urban Homicide in Colombia, 1992-2015: Internal Armed Conflict and Hints for Postconflict. *BioMed Research International*, 2018, e6120909. <https://doi.org/10.1155/2018/6120909>
- Vásquez, A., Alvarado, R., Tillaguango, B., Işık, C., & Murshed, M. (2023). Impact of Social and Institutional Indicators on the Homicide Rate in Ecuador: An Analysis Using Advanced Time Series Techniques. *Social Indicators Research*, 169(1), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s11205-023-03150-5>
- Yang, W., Deng, M., Li, C., & Huang, J. (2020). Spatio-Temporal Patterns of the 2019-nCoV Epidemic at the County Level in Hubei Province, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2563. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072563>
- Zhang, Y., Chang, R., Zuo, J., Shabunko, V., & Zheng, X. (2023). Regional disparity of residential solar panel diffusion in Australia: The roles of socio-economic factors. *Renewable Energy*, 206, 808–819. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.02.111>

Localización y factores territoriales asociados a los accidentes ciclistas en Ciudad de México

Location and factor territorials associated to bicycle accidents in Mexico City

AUTORÍA

Mateo Carlos Galindo

Pérez 

Centro Regional de Investigaciones
Multidisciplinarias, Universidad Nacional
Autónoma de México (CRIM-UNAM), México.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.27906>

CITACIÓN

Galindo Pérez, M.C. (2025). Localización y factores territoriales asociados a los accidentes ciclistas en Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, (84), 231-248. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27906>

CORRESPONDENCIA

Mateo Carlos Galindo Pérez (carlosgp@crim.unam.mx)

HISTORIA

Recibido: 5 julio 2024
Aceptado: 24 febrero 2025
Publicado: 23 julio 2025
(Publicación anticipada: 16 mayo 2025)

TÉRMINOS

© 2025 Mateo Carlos Galindo Pérez

 Este trabajo se publica bajo una
licencia Creative Commons de Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

El objetivo de este trabajo es examinar, para Ciudad de México, la localización de los accidentes ciclistas e identificar qué tipo de factores asociados a la estructura vial y del transporte inciden en este tipo de accidentes. A partir del empleo de densidades y mediante un modelo de regresión de Poisson, se analiza la incidencia de accidentes ciclistas sobre la estructura urbana. En Ciudad de México para el período 2019-2023 se registraron 6.341 accidentes ciclistas; el centro de la ciudad se reconoce como el área con mayor incidencia de este tipo de accidentes. Entre los principales factores que ayudan a explicar la accidentabilidad ciclista está: la presencia de infraestructura para la movilidad ciclista (ciclovías), vías primarias, alta densidad de población, empleo y de automóviles en circulación, así como la más alta concentración de semáforos y rutas de transporte público concesionado y no concesionado (en superficie). Que la mayor incidencia de accidentes ciclistas se registre, territorialmente, en el centro de Ciudad de México y, en específico, en el área que cuenta con la mayor y mejor infraestructura para la movilidad ciclista, se contraponen con los hallazgos de otras investigaciones que han demostrado que la dotación de infraestructura ciclista aumenta la percepción de seguridad y reduce significativamente la accidentabilidad. En Ciudad de México la investigación sobre accidentes ciclistas debe enfocarse a identificar y estudiar (además de algunos datos generales, como el día de ocurrencia y la hora), las características individuales (sexo, edad) y los factores materiales e inmateriales involucrados en el accidente, para diseñar y promover las políticas pertinentes para proteger no sólo a los ciclistas, sino al conjunto de usuarios de la vía.

Palabras clave: accidentes; bicicletas; estructura vial; transporte; análisis espacial; Ciudad de México.

Abstract

The aim of this study is to analyze the location of cycling accidents in Mexico City and to examine what type of territorial factors associated with the road and transportation structure have an impact on this type of accident. Using densities and a Poisson regression model, the incidence of cycling accidents on the urban structure is analyzed. In Mexico City, 6,341 cycling accidents were recorded for the period 2019-2023; the city center is recognized as the area with the highest incidence of this type of accident. Among the main factors that help explain cycling accidents

are the presence of infrastructure for cycling mobility (bicycle lanes), major streets, high population density, employment and cars in circulation, as well as the highest concentration of traffic lights and concessioned and non-concessioned (surface) public transport routes. The fact that the highest incidence of cycling accidents is registered, territorially, in the center of Mexico City and, specifically, in the area with the largest and best infrastructure for cycling mobility, contrasts with the findings of other research that has shown that the provision of cycling infrastructure increases the perception of safety and significantly reduces accident rates. In Mexico City, research on cycling accidents should focus on identifying and studying (in addition to some general data, such as the day and time of occurrence), the individual characteristics (sex, age) and the material and immaterial factors involved in accidents, so as design and promote relevant policies to protect not only cyclists, but all road users.

Keywords: accidents; bicycles; vial structure; transport; spatial analysis; Mexico City.

1. Introducción

Los ciclistas se han colocado en el segundo lugar (después de los peatones), como los usuarios de la vía con el mayor grado de vulnerabilidad (World Health Organization [WHO], 2013). Uno de los efectos negativos derivados del incremento de la movilidad ciclista son los accidentes.¹ Los análisis tendenciales en algunas ciudades principales de países como Inglaterra (Gilbert & McCarthy, 1994), Estados Unidos (Tuckel et al., 2014), Australia (City of Melbourne, 2017) y Polonia (Bauer et al., 2021) han monitoreado el número de accidentes en los que está involucrado un ciclista y, de ese seguimiento, se concluyó que la tasa de accidentes ciclistas aumentó en la última década, paralelo a la reducción del uso de la bicicleta como modo de transporte cotidiano.

Una de las líneas de investigación interesadas en los accidentes ciclistas se ha ocupado de identificar el perfil sociodemográfico del ciclista involucrado; entre las variables más reconocidas está el género y la edad. Se ha concluido que los ciclistas masculinos en edades de entre 14-35 años tienen una probabilidad mayor de sufrir un accidente, en comparación con las ciclistas femeninas y el resto de los grupos etarios (Prati et al., 2019). Y en aquellos países donde el uso de la bicicleta como modo de transporte cotidiano ya tiene una trayectoria de larga data, la accidentabilidad ciclista se extiende al grupo etario de 36-70 años (Mason-Jones et al., 2022).

En estrecha asociación con la labor de identificar el perfil sociodemográfico del ciclista accidentado, otras investigaciones se han orientado a identificar y examinar las características epidemiológicas: cuáles son los tipos de lesiones más recurrentes, el pronóstico y los cuidados médicos en los módulos de urgencias, así como el examen de la reducción de la gravedad de las lesiones por el uso del casco y otro tipo de protecciones (González Pacheco et al., 2014; Varriano et al., 2022).

Otro tipo de análisis se ha ocupado de estimar el costo individual y global de este tipo de accidentes. Por ejemplo, para Noruega (Veisten et al., 2007) se evaluó (período 1996-2004) en 300 millones de euros el costo promedio anual de los accidentes de ciclistas; en la estimación se incluyeron: gastos médicos, pérdida de productividad laboral, daños a la propiedad, gastos administrativos y retrasos en la circulación. Un cálculo similar para Bélgica (Aertsens et al., 2010) estimó que un accidente menor en bicicleta representa, para el afectado, un promedio de 841 euros de gastos directos (daños a la bicicleta y revisión médica), pero al incorporar gastos indirectos y extrapolar dicho gasto al total de accidentes ciclistas registrados anualmente en el país, el costo total oscila entre 57 y 183 millones de euros.

Por otra parte, están los análisis que buscan identificar los factores humanos involucrados en un accidente ciclista. Por ejemplo, en España, Martínez Ruiz et al. (2015) examinaron 1.228 accidentes ocurridos en áreas urbanas exclusivamente entre peatones y ciclistas (ocurridos en el período 1993-2011) para identificar la combinación de factores dependientes del peatón, del ciclista y ambientales que configuran un escenario de alto riesgo de provocar una colisión. Entre sus hallazgos identificaron que, por parte del peatón, influye no utilizar los pasos peatonales y cruzar la vía antirreglamentariamente; por parte del ciclista, influye conducir distraído y no respetar el paso de peatones.

Desde el campo de los estudios territoriales, la investigación plantea que los análisis de los accidentes en general y de los accidentes ciclistas en particular, deben realizarse espacialmente desglosados, ya que el número y la gravedad del evento difiere según el contexto geográfico (Aertsens et al., 2010). En esta línea de investigación se desarrolla el presente documento.

¹ Además de la probabilidad de sufrir un accidente, los ciclistas están expuestos también a sufrir agresiones (Fruhen & Flin, 2015; Delbosc et al., 2019), hurtos y asaltos (Monet, 1997; Johnson et al., 2008; Flatley, 2017; Ding et al., 2019).

1.1. Examen territorial de los accidentes ciclistas

El análisis de los accidentes ciclistas al interior de las ciudades ha permitido reconocer que no son eventos aleatorios o aislados en tiempo y espacio. Un accidente ciclista se configura territorialmente y tiene repercusiones en el corto, mediano y largo plazo por las secuelas que deja en las personas: cicatrices, fracturas, lesiones ortopédicas permanentes (Donaldson et al., 2009), secuelas psicosociales (Mayou & Bryant, 2002) y, en el caso más extremo, defunciones (Graw & Köning, 2002).

Entre los factores identificados de tipo urbano que provocan accidentes ciclistas se reconocen los de tipo material, que son indicativos de las condiciones estructurales de las vías: longitud, anchura, estado físico y conservación del pavimento, ausencia/presencia de banquetas (McMahon et al., 1999), obstáculos (baches, topes, coladeras destapadas), intersecciones viales (Harris et al., 2013) y la presencia o carencia de infraestructura ciclista (Reynolds et al., 2009; Ling et al., 2020). Por otra parte, están los factores inmateriales que se asocian al comportamiento del ciclista durante el desplazamiento: inexperiencia, circular en sentido contrario, manejar distraído, utilizar el teléfono móvil, exceder los límites de velocidad, ignorar las señales de tránsito, manejar en la obscuridad (falta de alumbrado público) o bajo los efectos del alcohol u otras sustancias (Clarke et al., 2006; Billot-Grasset et al., 2016; Useche et al., 2018). Asimismo, la edad también se considera un factor de riesgo, ya que se ha encontrado evidencia de que los accidentes ciclistas tienen relación significativa con indicadores de salud mental reportados en los ciclistas de edad más avanzada (Useche et al., 2019).

También se reconocen factores externos: suelo resbaladizo (por condiciones climáticas), fuga de agua o derrame de otro tipo de líquidos (Medina et al., 2017), la influencia de la falta de señalética y la interacción con el resto de los usuarios de la vía: vehículos automotores (Raslavičius et al., 2017), motociclistas, otros ciclistas y peatones (Mesimäki & Luoma, 2021). Por su parte, zonas de alta densidad de población son más propensas a los accidentes ciclistas por el congestionamiento generado (Fishman, 2016). Este cúmulo de factores contribuye a reconocer áreas de mayor probabilidad de registrar accidentes ciclistas.

1.2. Los accidentes ciclistas en el caso de Ciudad de México

En México, los accidentes viales y en particular los atropellamientos, ya se reconocen como un problema de salud pública (Rodríguez-Hernández et al., 2011; Hidalgo-Solórzano et al., 2020). Pero la investigación particular sobre los accidentes ciclistas es un nicho aún por explorar que adquiere cada vez mayor relevancia, debido al ascenso del paradigma de ciudades sustentables en el que la movilidad no motorizada y en particular, la movilidad ciclista, asume un rol protagónico.

Específicamente, en Ciudad de México (CDMX) el arranque de la política de movilidad ciclista inició formalmente en el año 2010 cuando, el gobierno local, a través de la Secretaría de Medio Ambiente (Sedema) implementó el Sistema de Bicicletas Públicas, Ecobici. Como parte de dicho programa, para impulsar la movilidad ciclista se dotó a la ciudad (y sobre todo, al área central de la ciudad), de la infraestructura *ad hoc*, que consistió en una red de ciclovías y de biciestacionamientos. Con el paso de los años, esa infraestructura se ha ampliado en distintas fases hasta alcanzar en 2023, 678 mil usuarios y 99 millones de viajes (cifras acumuladas) y 9.300 bicicletas en funcionamiento.²

Paralelo al crecimiento de la infraestructura ciclista también se ha registrado un aumento de la movilidad ciclista y, del número de accidentes. Las cifras oficiales indican que, en CDMX, los accidentes ciclistas pasaron de 379 en el año 2019, a 1.700 en 2023, lo que significa que este tipo de accidentes tuvo un incremento de 4,5 veces en cinco años. La pregunta inmediata que se desprende de estas cifras es: ¿este incremento debe de asumirse como un inevitable efecto lineal: a más bicicletas e infraestructura ciclista, más personas en bicicleta y por lo tanto, más accidentes ciclistas? ¿o como una alternativa, se debe de examinar la localización de los accidentes ciclistas a través de los factores territoriales asociados? Como se señaló, el análisis debe realizarse espacialmente desglosado, ya que el número y la gravedad de los accidentes ciclistas difieren según el contexto geográfico.

Con base en estos planteamientos la pregunta de investigación es: para el caso de CDMX ¿qué tipo de factores demográficos y de actividad económica, así como asociados a la infraestructura vial y del transporte ayudan a explicar la distribución territorial de los accidentes ciclistas? No se trata sólo de mostrar la localización de los accidentes en bicicleta en CDMX, sino de encontrar los factores explicativos asociados a la estructura urbana, el diseño de la red vial y la cobertura del sistema de transporte público concesionado y no concesionado (en superficie); se busca contribuir a la argumentación para reconocer a los accidentes ciclistas como parte de un problema que involucra al conjunto de usuarios de la vía.

² <https://ecobici.cdmx.gob.mx/>

2. Metodología

2.1. Área de estudio

Se analiza CDMX conformada por 16 alcaldías que abarcan una superficie de 1.460 km² y 60% corresponde al área urbana. Para contextualizar el uso de la bicicleta como modo de transporte, según el *Instituto Nacional de Estadística y Geografía* de México, para el año censal 2020, CDMX registró 2,6 millones de viviendas particulares habitadas de las que, 21% cuentan con al menos una bicicleta que se utiliza como modo de transporte cotidiano (no sólo para uso recreativo) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2021). En cuanto a la promoción de la movilidad en bicicleta, CDMX cuenta con 493,63 kilómetros de carriles para circulación ciclista. Para los fines de este trabajo se utilizará la nomenclatura de infraestructura ciclista, para referirse de manera conjunta a este tipo de carriles.

Estructuralmente, el sur de la ciudad por sus características topográficas no favorece el uso cotidiano de la bicicleta; las zonas centro y oriente son las más aptas para promover este tipo de movilidad (Suárez Lastra et al., 2022). Y precisamente, en el área central de la ciudad es donde se decidió ubicar la infraestructura para la movilidad ciclista del Sistema de Bicicletas Públicas, Ecobici, que actualmente cubre un área aproximada de 4.045 hectáreas en la que está contenida 44,3% de la infraestructura ciclista de la ciudad (Figura 1).

Figura 1. Ciudad de México: ubicación geográfica



Elaboración propia

2.2. Datos

La selección de información se realizó bajo un criterio de representatividad de algunas características demográficas y económicas, así como de condiciones de la estructura vial y del transporte que influyen en la accidentabilidad ciclista. Bajo ese criterio se recurrió a las siguientes fuentes. *Portal de Datos Abiertos* (Gobierno de la Ciudad de México, s/f a) para obtener: 1) el conteo y ubicación de los accidentes ciclistas (enero 2019 a diciembre 2023); serie recabada por el *Centro de Comando, Control, Cómputo, Comunicaciones y Contacto Ciudadano de la Ciudad de México* (C5). Los códigos reportados en los que se clasifican los

accidentes son: (A) Afirmativo, (N) Negativo, (I) Informativo, (F) Falso y (D) Duplicados.³ Para este trabajo sólo se consideraron los códigos tipo A (n = 6.341) (Tabla 1). Con base en la coordenada X-Y asociada a cada registro, los accidentes se georreferenciaron sobre la traza urbana de CDMX.

Tabla 1. CDMX: Accidentes ciclistas, 2019-2023

Año	Accidentes	
	Total	%
2019	379	6,0
2020	1.004	15,8
2021	1.456	23,0
2022	1.802	28,4
2023	1.700	26,8
Total	6.341	100

Fuente: *Portal Datos Abiertos Ciudad de México*. Elaboración propia

También del *Portal de Datos Abiertos* se obtuvo: 2) la red (kilómetros) de ciclovías; 3) la red (kilómetros) de rutas y corredores del transporte público concesionado;⁴ y 4) la red (kilómetros) de rutas de transporte público no concesionado en superficie (rutas de Metrobús,⁵ Trolebús y Red de Transporte de Pasajeros [RTP o M1]). Del sitio del INEGI se obtuvo: 5) el registro de población a escala de manzana, proveniente del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2021); 6) el número de empleos por unidad económica proveniente del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (INEGI, s/f b); 7) la cobertura de calles y avenidas (para la obtención del número de intersecciones viales y la identificación de las vías primarias), proveniente del Marco Geoestadístico Nacional 2020 (INEGI, s/f a); y de la *Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México 2017* (INEGI-Setravi-II-UNAM, 2017) se obtuvo: 8) el número de automóviles en circulación por hora del día; y de una fuente privada, se obtuvo: 9) la ubicación de semáforos.

2.3. Método estadístico

Entre las características distintivas de los accidentes ciclistas se reconocen: 1) son eventos poco frecuentes; 2) aleatorios, no ocurren siguiendo un patrón espacial o temporal recurrente; 3) independientes, no suceden en función de un accidente previo; y 4) discretos, su conteo resulta en un número entero positivo. Dadas estas características, la labor inmediata fue definir el método estadístico a emplear; se realizó una primera prueba para identificar si los accidentes ciclistas se ajustan a un patrón territorial concentrado o aleatorio. Con ayuda de sistemas de información geográfica (QGIS versión 3.34) y del programa R Core Team (2020) se aplicó la prueba de aleatoriedad espacial completa (*Complete Spatial Randomness*, CRS) (Baddeley & Turner, 2005). La CRS es una prueba de hipótesis para determinar si eventos puntuales se distribuyen aleatoriamente sobre un área específica; la prueba funciona mediante la comparación estadística de la distribución observada (real) de los eventos, contra su distribución esperada (aleatoria) (Demirsoy, 2022).

Según los planteamientos de la CRS, los eventos en la distribución esperada deben de ser aleatorios, independientes y distribuirse uniformemente en un área específica bajo dos criterios: homogeneidad (todas las unidades territoriales tienen la misma probabilidad de que ocurra un evento) y no interacción (la probabilidad de ocurrencia de un evento en una unidad territorial no condiciona la probabilidad de ocurrencia de otro evento); y, su conteo debe de resultar en un número aleatorio con media constante (Demirsoy, 2022).

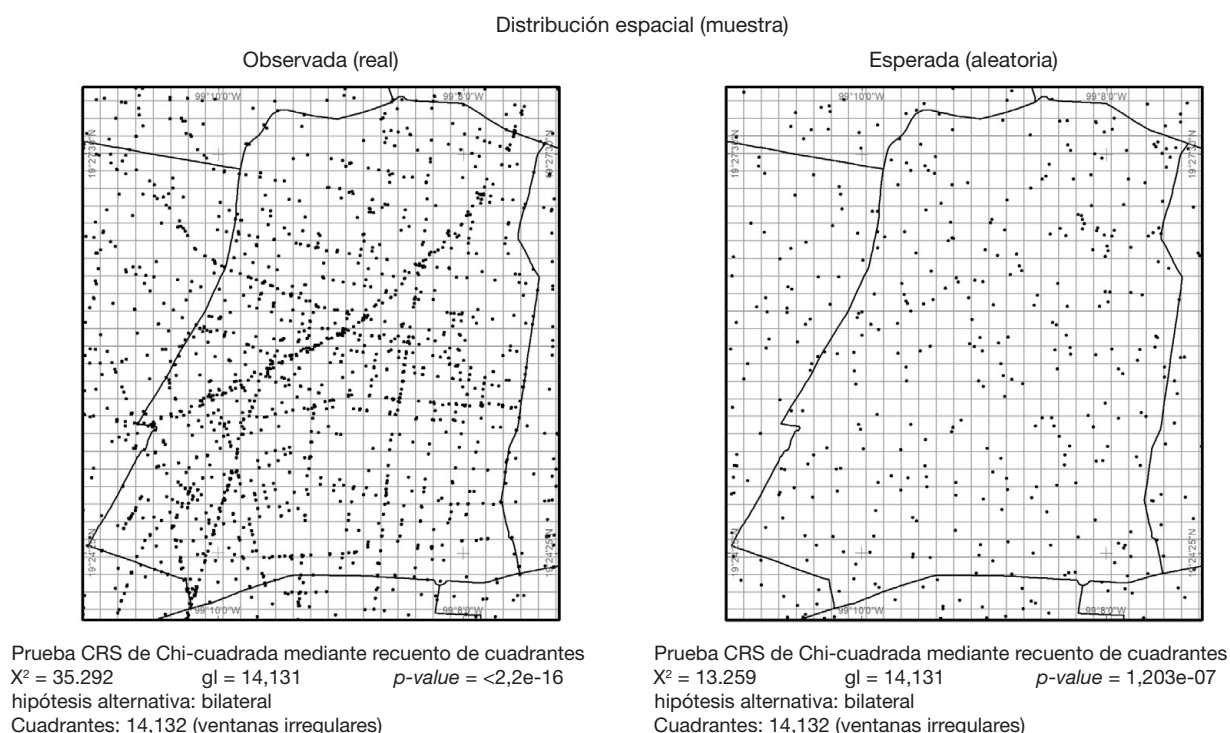
Para este ejercicio, la distribución observada de los accidentes ciclistas (eventos) se compara con su distribución esperada en el área urbana de CDMX (área específica). Para realizar la prueba CRS, como primer insumo se requirió la ubicación de los accidentes ciclistas; y como segundo insumo, el área urbana de CDMX se seccionó en cuadrantes de 250 metros² para definir un intervalo de superficie de 6,25 hectáreas (del seccionamiento se obtuvieron 14.132 cuadrantes). A continuación, tomando como base los cuadrantes se generó la distribución aleatoria de los accidentes ciclistas (Figura 2); para concluir, la prueba CRS contabilizó el número de eventos (observados y esperados) por cuadrante para realizar una prueba de Chi-cuadrada (χ^2).

3 (A) Afirmativo: una unidad de atención a emergencias fue despachada, llegó al lugar de los hechos y confirmó la emergencia reportada; (N) Negativo: una unidad de atención a emergencias fue despachada, llegó al lugar de los hechos, pero en el sitio del evento nadie confirmó la emergencia ni fue solicitado el apoyo de la unidad; (I) Informativo: corresponde a solicitudes de información; (F) Falso: el incidente reportado inicialmente fue considerado como falso en el lugar de los hechos; (D) Duplicados: el incidente reportado se registró en dos o más ocasiones procediendo a mantener un solo reporte como el original.

4 Rutas de transportes operadas por particulares con regulación del Gobierno de CDMX.

5 Autobuses de Tránsito Rápido (*Bus Rapid Transit*, BRT, por sus siglas en inglés); autobuses de alta capacidad para carga de pasajeros, que operan mediante carriles exclusivos. Estas rutas de transporte son administradas por el Gobierno de CDMX o bajo asociación público-privada

Figura 2. CDMX: prueba CRS de los accidentes ciclistas



Fuente: R Core Team. Elaboración propia.

Al comparar los $p\text{-value}$ de la prueba CRS para los datos observados ($< 2,2e-16$) y esperados ($1,203e-07$), aunque ambos son estadísticamente significativos, el valor indica que hay diferencia, lo que sugiere que los puntos generados aleatoriamente no siguen una distribución perfectamente aleatoria; por su parte, la distribución de los puntos observados no es espacialmente aleatoria, por lo tanto, no se ajusta a un modelo CSR si no a algún tipo de patrón espacial, lo que ayuda a la decisión sobre qué tipo de modelo utilizar.

De forma complementaria, se contabilizaron los accidentes ciclistas por intervalo de superficie y se observó que los datos presentan un fuerte sesgo positivo (a la derecha) sobre la curva de distribución: 3.521 cuadrantes registraron por lo menos un accidente y 10.611 cuadrantes registraron cero accidentes (Figura 3).

Por su parte, al trasladar los datos al territorio, las mayores densidades de accidentes ciclistas en CDMX se observan en el área central, específicamente en la alcaldía Cuauhtémoc (Figura 4); como información adicional, 24% de los accidentes ciclistas ocurren al interior del polígono de cobertura de Ecobici; en suma, se identifica un patrón no aleatorio de este tipo de eventos.

Figura 3. CDMX: accidentes ciclistas según frecuencia del intervalo

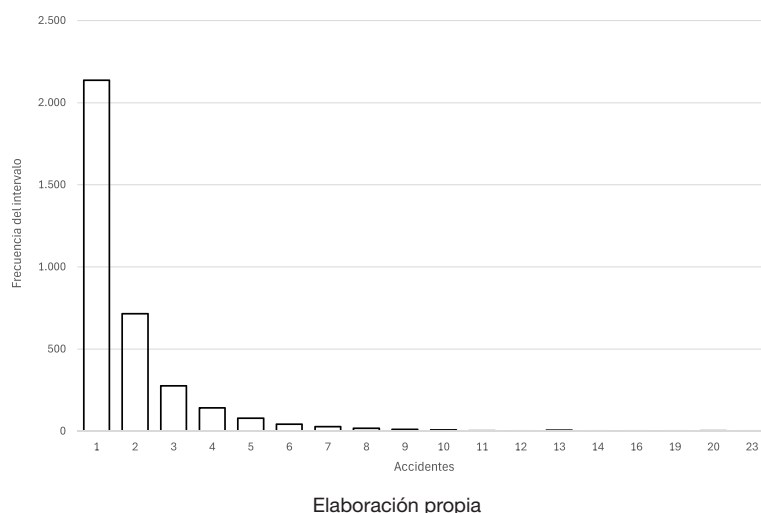
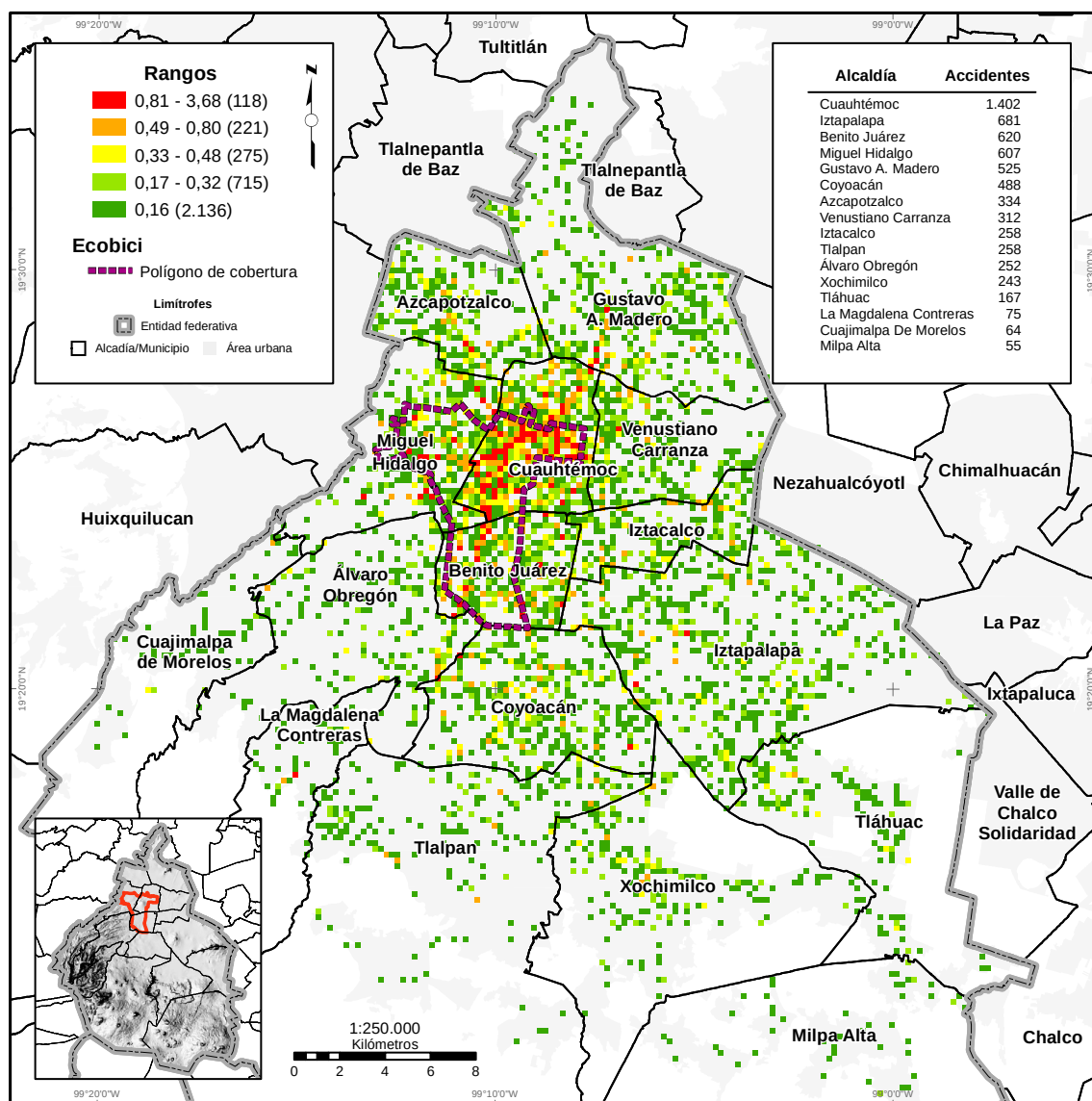


Figura 4. CDMX: densidad de accidentes ciclistas



En función de las características y propiedades de los datos se optó por aplicar un modelo de regresión de Piosson para estimar la incidencia de los accidentes ciclistas sobre el área urbana de CDMX. Algunas de las ventajas del modelo Poisson respecto a otros modelos de regresión está que, entre los supuestos en los que se fundamenta, sólo es posible magbbejar números positivos y discretos; además, su diseño estadístico está configurado para trabajar con eventos poco frecuentes y que es posible cuantificar y agregar en función de intervalos de tiempo, distancia o área: algunos intervalos registran cero eventos, mientras que otros intervalos registran alto número de eventos (Cameron & Trivedi, 1998).

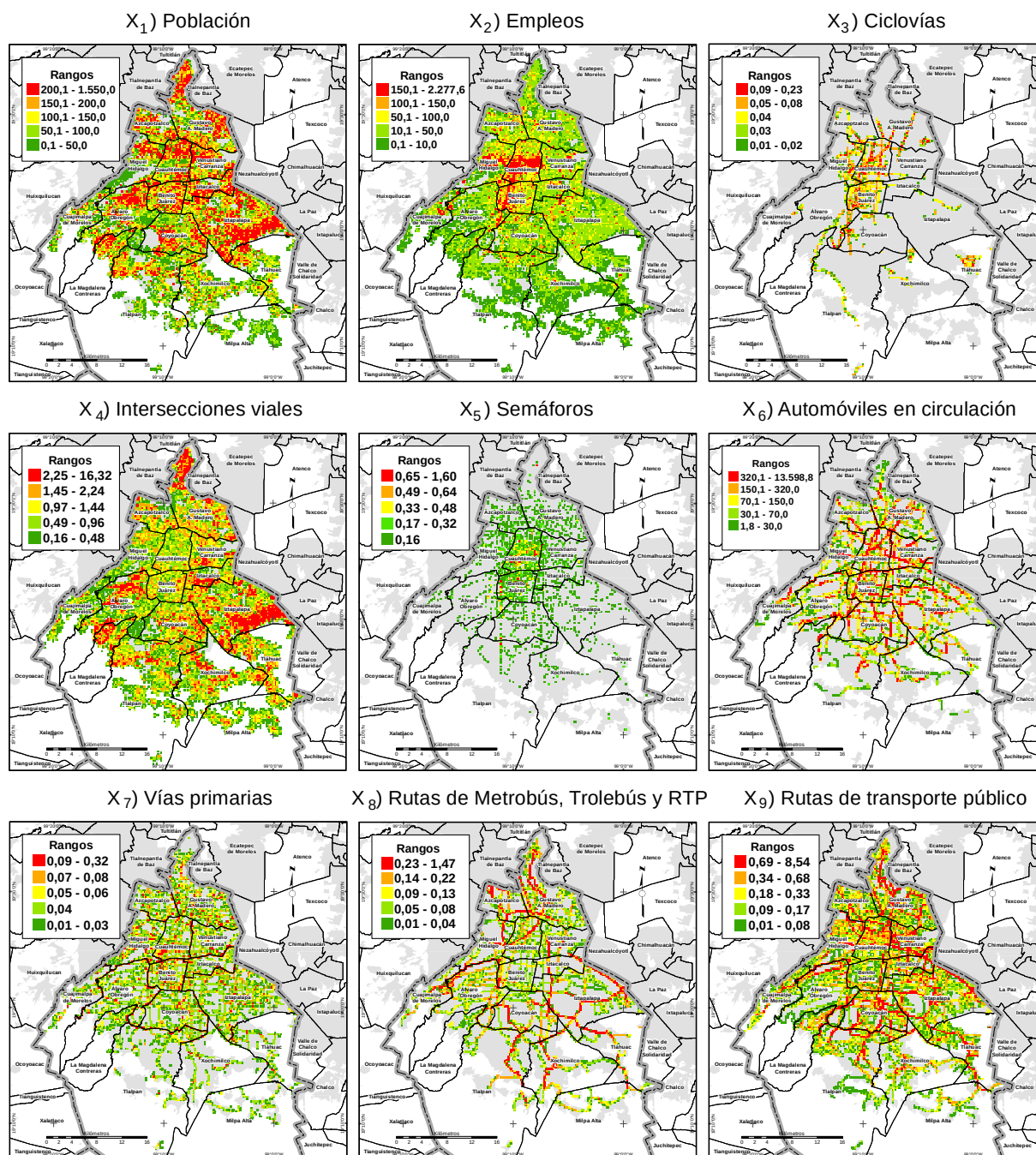
La distribución de Poisson representa la probabilidad de que un determinado número de eventos (en este caso, accidentes ciclistas) sucedan en un intervalo fijo de tiempo y/o espacio si estos eventos: 1) se producen a una tasa media constante; y 2) independientemente del tiempo transcurrido desde el último evento. El modelo Poisson sigue esta notación:

$$P(X = k) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

Donde: X es la variable aleatoria que se ajusta a una distribución de Poisson; k es el número de ocasiones que sucede el evento; $P(X=k)$ es la probabilidad de que un evento ocurra k veces; e es una constante (2,718); λ es el promedio de ocasiones que sucede un evento; $!$ es la función factorial. Como variable dependiente se

designó a: (Y) la densidad de accidentes ciclistas, que es el recuento del número total de accidentes ciclistas en un período de tiempo de cinco años (2019-2023), en un área de 250 x 250 metros (intervalo de área de 6,25 hectáreas). Y como variables independientes ($X_1 + X_2 + \dots + X_p$) se eligieron las densidades de: 1) población, 2) empleos, 3) ciclovías, 4) intersecciones viales, 5) semáforos, 6) automóviles en circulación a las 10:00 AM, 7) vías primarias, 8) rutas de Metrobús, Trolebús y RTP, y 9) rutas de transporte público concesionado (Figura 5).

Figura 5. Densidades



Elaboración propia

Para comprobar la pertinencia de las variables seleccionadas se realizó el cálculo de correlaciones (Tabla 2). La matriz de correlación indica que hay evidencia de correlación moderada entre la densidad de accidentes ciclistas y las densidades de empleo, ciclovías, semáforos, autos en circulación, rutas concesionadas del transporte y vías primarias; en tanto que, con el resto de las densidades, si bien la correlación es débil, no deja de ser significativa, siendo las densidades de población y de intersecciones viales, las menos importantes. Se justifica así la pertinencia predictora de las variables incluidas en el modelo de regresión de Poisson.

Tabla 2. Matriz de correlaciones

Densidades	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
Y. Accidentes Sig. (bilateral)	1									
X ₁ . Población Sig. (bilateral)	,197** 0,000	1								
X ₂ . Empleos Sig. (bilateral)	,418** 0,000	,489** 0,000	1							
X ₃ . Ciclovías Sig. (bilateral)	,308** 0,000	,041** 0,000	,246** 0,000	1						
X ₄ . Intersecciones viales Sig. (bilateral)	,184** 0,000	,642** 0,000	,440** 0,000	,000 0,998	1					
X ₅ . Semáforos Sig. (bilateral)	,379** 0,000	,145** 0,000	,422** 0,000	,306** 0,000	,093** 0,000	1				
X ₆ . Automóviles en circulación Sig. (bilateral)	,334** 0,000	,111** 0,000	,407** 0,000	,213** 0,000	,094** 0,000	,341** 0,000	1			
X ₇ . Vías primarias Sig. (bilateral)	,329** 0,000	,163** 0,000	,446** 0,000	,206** 0,000	,200** 0,000	,349** 0,000	,567** 0,000	1		
X ₈ . Rutas de Metrobús, Trolebús y RTP Sig. (bilateral)	,274** 0,000	,082** 0,000	,383** 0,000	,192** 0,000	,124** 0,000	,271** 0,000	,558** 0,000	,526** 0,000	1	
X ₉ . Rutas de transporte público Sig. (bilateral)	,353** 0,000	,240** 0,000	,559** 0,000	,167** 0,000	,248** 0,000	,359** 0,000	,591** 0,000	,605** 0,000	,638** 0,000	1

** La correlación es significativa en el nivel de 0,01 (bilateral)

Fuente: R Core Team. Elaboración propia

Por último, para verificar la bondad de ajuste del modelo de Poisson se aplicaron dos pruebas: la primera fue la *Prueba de sobre-dispersión* que consiste en calcular un índice de dispersión mediante la división de la suma de los residuos de Pearson entre los grados de libertad; si el índice de dispersión es mucho mayor a 1, hay indicios de sobre-dispersión. La segunda fue la *Prueba de bondad de ajuste de Pearson* que calcula la suma de los residuos de Pearson elevados al cuadrado, para compararlos con la distribución de Chi-cuadrada; si el *p-value* que se obtiene es pequeño (<0,05) indica un mal ajuste (Cameron & Trivedi, 1990).

3. Resultados

En primer lugar, los resultados de las pruebas de bondad de ajuste para el modelo Poisson que aquí se presenta son los siguientes: el valor obtenido de la *Prueba de sobre-dispersión* fue de 0,22, lo que indica que no hay evidencia de sobre-dispersión de los datos. Por su parte, el *p-value* que se obtuvo de la *Prueba de bondad de ajuste de Pearson* fue de 1 (uno), lo que significa que no hay discrepancias en los dos conjuntos de datos, lo que respalda la hipótesis nula de que el modelo reproduce los datos observados. En resumen, el modelo Poisson presenta un buen ajuste.

Respecto a las variables independientes, los resultados del modelo indican que están asociadas de manera positiva con la densidad de accidentes de ciclistas, lo que significa que un incremento en las densidades provocaría también un aumento en la accidentabilidad; las variables con mayor efecto son las densidades de ciclovías y vías primarias (Tabla 3).

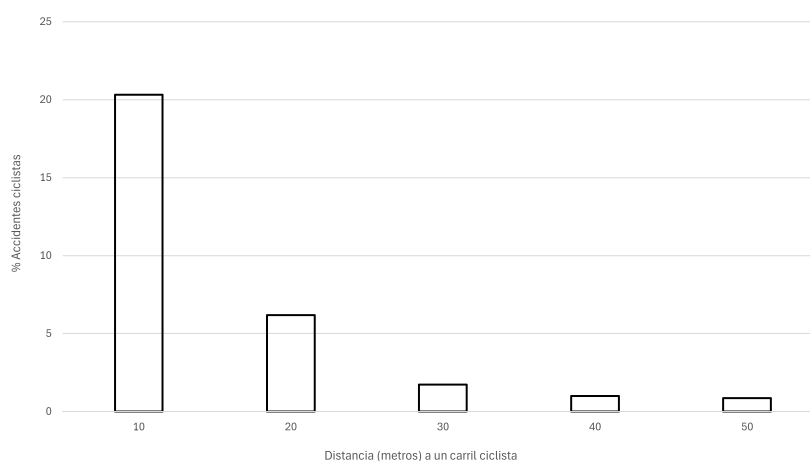
El mayor peso de estas variables se debe a dos factores principales: 1) en CDMX la construcción de la infraestructura ciclista (carriles ciclistas) coincide territorialmente, en algunos de los segmentos, con el trazo de vías primarias; y 2) en aquellas zonas de la ciudad que carecen de infraestructura para la movilidad en bicicleta, los ciclistas optan por circular por vías primarias, lo que aumenta su probabilidad de accidentarse dada la congestión vehicular. Como evidencia, se obtuvo que 30% de los accidentes ciclistas en CDMX ocurren a menos de 50 metros de un carril ciclista; y específicamente, 20% de este tipo de accidentes ocurren dentro del rango de distancia de 10 metros a un carril ciclista (Figura 6).

Tabla 3. Modelo de regresión de Poisson

	Beta	Error estándar	z-value	Pr(> z)	Significancia estadística	Exp(Beta)
Intercepto	-3,670	0,067	-55,036	< 2e-16	***	-
Población	0,002	0,000	6,166	0,000	***	1,002
Empleos	0,002	0,000	9,456	< 2e-16	***	1,002
Ciclovías	8,959	0,899	9,971	< 2e-16	***	7.776,549
Intersecciones viales	0,086	0,031	2,780	0,005	**	1,090
Semáforos	1,682	0,170	9,879	< 2e-16	***	5,375
Automóviles en circulación	0,000	0,000	4,994	0,000	***	1,000
Vías primarias	8,346	0,914	9,134	< 2e-16	***	4.213,233
Rutas de Metrobús, Trolebús y RTP	0,958	0,301	3,178	0,001	**	2,607
Rutas de transporte público	0,124	0,048	2,583	0,010	**	1,132
Significancia: 0,000 *** 0,005 ** 0,1 *						
Desviación nula: 3.334,8 en 14.021 gl						
Desviación residual: 2.227,5 en 14.012 grados de libertad						
Número de interacciones de la puntuación de Fisher: 5						

Fuente: R Core Team. Elaboración propia

Figura 6. CDMX: distribución de los accidentes ciclistas según distancia a un carril ciclista



Elaboración propia

Por lo tanto, esta correlación: a mayor infraestructura ciclista, mayor incidencia de accidentes se contrapone con los resultados obtenidos por otras investigaciones, que hallaron que la dotación de infraestructura para la circulación ciclista es una opción eficaz y de bajo costo que contribuye a mejorar la percepción de seguridad por parte de los usuarios, lo que incentiva el uso de la bicicleta como modo de transporte y reduce los accidentes en zonas urbanas (Teschke et al., 2012; Gu et al., 2017; Ling et al., 2020).

De esta primera correlación se desprende una pregunta principal: ¿por qué en CDMX la presencia de infraestructura ciclista resulta un promotor de accidentes ciclista, cuando debería ocurrir lo opuesto? Para responder a esta pregunta se deben de considerar las características de la infraestructura ciclista: carriles designados para la circulación de ciclistas y segregados del tránsito automotor, pero en algunos segmentos compartidos con vehículos particulares y del transporte público. No obstante, en el caso de CDMX la principal zona de concentración de este tipo de carriles coincide con la mayor concentración de personas en movimiento, así como de automóviles y vehículos de transporte público (concesionado y no concesionado) en circulación, por lo que, a pesar de tratarse de carriles para la circulación ciclista, dadas las condiciones de congestionamiento en CDMX,⁶ los ciclistas en algunos segmentos deben de compartir el uso de la vía y en otros casos, sucede la invasión de ciclovías por parte de automóviles. Investigaciones sobre este tema en

6 Según el Tom Tom Traffic Index (2023), CDMX se ubicó en la posición número trece en la lista de ciudades más congestionadas del mundo. <https://www.tomtom.com/traffic-index/mexico-city-traffic/>

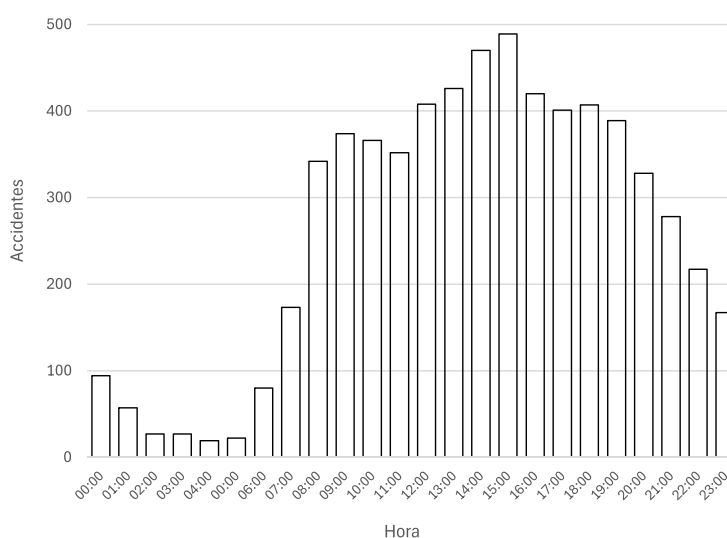
particular han reconocido un incremento del riesgo de accidente para los ciclistas, por la amenaza percibida de la cantidad de automóviles en circulación, lo que desalienta el uso bicicleta como modo de transporte (Fishman, 2016).

Por su parte, la influencia del resto de variables tiene un impacto más moderado; por ejemplo, por cada unidad que se incremente la densidad de semáforos, la densidad de accidentes ciclistas aumentaría en 5.4 unidades. En este caso se debe considerar el comportamiento de algunos ciclistas durante su desplazamiento, por su renuencia a respetar las señales de tránsito (factores inmateriales), en particular los semáforos. La investigación al respecto ha demostrado que los hombres, pertenecientes al grupo etario entre 20-30 años, son el grupo de población ciclista que menos obedecen la luz roja de los semáforos (Obregón Biosca & Reyes Guerrero, 2023).

En el caso de la densidad de rutas de Metrobús, Trolebús y RTP, por cada unidad de aumento, los accidentes ciclistas se incrementarían en 2,6 unidades. Dado que para circular las rutas de Metrobús y algunas de Trolebús cuentan con un carril exclusivo (y en ocasiones en contraflujo), las velocidades de desplazamiento de estos modos de transporte son mayores y constantes, por lo que un factor que provoca el accidente es la invasión de ese carril exclusivo por parte de los ciclistas.

Respecto al efecto del resto de variables, su efecto aumentaría en alrededor de una unidad la densidad de accidentes de ciclistas; por ejemplo, la densidad de vehículos en circulación (10:00 AM). Para examinar esta correlación se muestra la distribución de los accidentes ciclistas según hora del día (Figura 7), ya que hay estudios que han demostrado que la accidentabilidad ciclista varía según la hora pico matutina y vespertina (Pai & Jou, 2014; Richardson & Caulfield, 2015).

Figura 7. CDMX: distribución de los accidentes ciclistas según hora del día, 2019-2023



Elaboración propia

Entre las causas que ayudan a explicar esta distribución horaria de los accidentes ciclistas se reconoce: en las primeras horas de la mañana, la movilidad en bicicleta tiene un comportamiento similar al grueso de la movilidad general (hora de ingreso al trabajo y planteles educativos), y debido a la saturación vial por automóviles, la velocidad de desplazamiento se ralentiza, por lo que el número de accidentes ciclistas es bajo. Además, la presencia de un mayor número de vehículos automotor se asocia a un mayor respeto por las señales de alto (semáforos), y también se correlaciona con la complejidad de la intersección (Obregón Biosca & Reyes Guerrero, 2023).

Después de la hora de máxima movilidad matutina los accidentes en bicicleta siguen incrementándose, lo que se explica por: 1) conforme pasa la hora de ingreso al trabajo o escuelas (menos personas en la vía) y disminuye la saturación vial por automóviles, los ciclistas incrementan su velocidad de desplazamiento; y 2) la actividad laboral que se realiza en bicicleta (y que se incrementó durante y después de la pandemia por Covid-19): repartidores y mensajería, principalmente (World Economic Forum [WEF], 2020). Por la tarde, nuevamente la movilidad en bicicleta se ajusta al comportamiento del grueso de la movilidad: regreso a casa, para reducirse hacia la noche.

Por su parte, la correlación entre la densidad de rutas de transporte público concesionado y los accidentes ciclistas se debe a la alta densidad de este tipo de rutas en toda la ciudad, específicamente en el área central, donde aunado a la congestión vial, ayuda a explicar dicha correlación. En el caso particular de la densidad de intersecciones viales, se deben de considerar las intersecciones, pero semaforizadas, ya que se ha demostrado la correlación positiva entre intersecciones viales y semáforos con la incidencia de accidentes ciclistas. Hay trabajos que al examinar el perfil urbano de la accidentabilidad han identificado cuáles son los tipos de maniobras que los ciclistas realizan según el tipo de rasgo urbano, y que tienen mayor probabilidad de provocar un accidente: cruce, intersección, incorporación, retorno o con vehículos en movimiento o estacionados (Harris et al., 2013; Haworth et al., 2019).

Al examinar el resultado a escala de ciudad, se reconoce que, en CDMX 46% de los accidentes ciclistas ocurre en las alcaldías centrales: Cuauhtémoc 22%, Miguel Hidalgo 9,7%, Benito Juárez 9,6% y Venustiano Carranza 5%. En este punto hay que considerar que en el centro de CDMX está la mayor cantidad de infraestructura ciclista (ciclovías) y, como ya se señaló, debido a la saturación y la baja velocidad de desplazamiento, un factor que provoca el accidente es la invasión del carril exclusivo para bicicletas por parte de automóviles.

La zona con mayor incidencia de accidentes ciclistas corresponde a lo largo de la avenida de los Insurgentes (que atraviesa CDMX en sentido norte-sur, en una trayectoria de 28,8 kilómetros). A lo largo del corredor que marca esta vía se registran las más altas densidades de actividad económica (empleos y uso del suelo), lo que se refleja en altas densidades de población (residente y flotante), número de intersecciones semaforizadas y automóviles en circulación (particulares y de transporte público concesionado y no concesionado). Como elemento adicional, en un segmento paralelo al trazo de esta vía se extiende la segunda ciclovía de mayor longitud de la ciudad (Suárez Lastra et al., 2022).

Como la investigación previa ha demostrado, el uso del suelo y las características de las infraestructuras (vías, tramos de vías e intersecciones) afectan a la seguridad ciclista (Schepers et al., 2014); asimismo, la presencia de una ciclovía sobre una avenida de trazo recto permite a los ciclistas alcanzar velocidades mayores lo que, en caso de percance, reduce la capacidad de reacción y se incrementa el daño potencial de la lesión: dado el número de intersecciones a lo largo de la vía, la probabilidad de accidentarse se incrementa ya que, a menor número de intersecciones, mayor velocidad continua y menor capacidad de respuesta en el momento del frenado (McMahon et al., 1999).

4. Discusión de resultados

El hallazgo más relevante obtenido del análisis realizado es el reconocimiento, para CDMX, del patrón de localización que siguen los accidentes ciclistas: es mayor en el centro de la ciudad y, específicamente, en aquellas áreas que cuentan con la mayor dotación y calidad de infraestructura ciclista; sin embargo, se debe de tener en consideración que en esta zona también es mayor la movilidad en bicicleta. Este resultado se contrapone con el de otras investigaciones que han demostrado que, la dotación de infraestructura ciclista aumenta la percepción de seguridad y reduce significativamente la accidentabilidad (Teschke et al., 2012; Gu et al., 2017; Ling et al., 2020).

Actualmente, para el caso mexicano, más allá del género y la edad, no es posible construir un perfil a detalle de los actores involucrados en un accidente ciclista. A futuro, la investigación sobre este tipo de accidentes ya no debe enfocarse sólo en el levantamiento del reporte policial y de algunos datos de identificación individual (sexo, edad), sino en el reconocimiento del mayor número de factores materiales e inmateriales involucrados. Es necesario elaborar una acta de hechos lo más completa que recoja el perfil de los involucrados e identifique al causante (ciclista, peatón o automovilista) y la causa del percance (distracción, exceso de velocidad, no respetar señales de tránsito); y asimismo, enlistar las circunstancias ambientales (día y hora) y del lugar (presencia de semáforo, cruce de calle, paso de peatones, ausencia/presencia de señalética), así como las condiciones de seguridad del ciclista (dentro o fuera de la ciclovía, uso de casco). Por ejemplo, en países como Inglaterra el reporte policial sobre el accidente incluye, además del género y la edad, la hora del día y la experiencia del ciclista involucrado (Clarke et al., 2006). De esta forma, se incrementa la probabilidad de esclarecer en mayor medida la compleja combinación de factores en los que tuvo lugar el accidente.

Hay que considerar también que, para el caso particular de CDMX, influye en la accidentabilidad ciclista la carencia de tradición del uso de la bicicleta como modo de transporte cotidiano, por lo que la competencia por el uso de la vía entre los automóviles particulares, el transporte público, ciclistas y peatones desemboca en accidentes (Fruhen & Flin, 2015; Useche et al., 2019). Pero si el objetivo es reducir el uso del transporte

automotor, uno de los principales requerimientos para impulsar la movilidad ciclista es la mejora en la percepción de seguridad al transportarse; se ha demostrado que un valor de elasticidad agregado mayor a uno (es decir, un aumento del 10%) en la percepción de seguridad, se traduce en un incremento superior al 10% de personas que viajan en bicicleta (Noland, 1995).

Asimismo, para CDMX comienza a ser un requerimiento la elaboración de estudios de tipo actuarial, para determinar el costo promedio anual de los accidentes de ciclistas, no sólo para las personas involucradas, sino también para las empresas y la ciudad. Identificar el costo, influirá en un cambio de actitud sobre la necesidad de evitar en la medida de lo posible los accidentes ciclistas.

5. Conclusiones

En CDMX el número de accidentes ciclistas durante el período 2019-2023 presentó una tendencia creciente, al pasar de 379 eventos en el año 2019, a 1.700 en 2023, con un acumulado para el período de cinco años de 6.341 accidentes; de este total de accidentes, 30% se registra a una distancia de 50 metros o menos de un carril ciclista. En este trabajo, para analizar la accidentabilidad ciclista en CDMX, se recurrió al uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para calcular densidades (en intervalos de área de 6,25 hectáreas) de diferentes variables que influyen en la accidentabilidad ciclista: 1) población, 2) empleos, 3) ciclovías, 4) intersecciones viales, 5) semáforos, 6) automóviles en circulación, 7) vías primarias, 8) rutas de transporte público no concesionado (en superficie), y 9) rutas de transporte público concesionado. Posteriormente, mediante la aplicación de un modelo de regresión de Poisson se calculó el peso de cada tipo de densidad en la incidencia de la accidentabilidad ciclista. La metodología aquí propuesta es lo suficientemente robusta y de construcción simple para que pueda ser replicable en otras ciudades. Del modelo de regresión de Poisson se obtiene como resultado el reconocimiento de un patrón territorial asociado a la accidentabilidad ciclista: el área de central de CDMX se reconoce como la zona con mayor incidencia de accidentes. Pese a que el área central de CDMX cuenta, cuantitativa y cualitativamente, con la mayor y mejor infraestructura ciclista (ciclovías y biciestacionamientos), también registra la mayor concentración de accidentes ciclistas. Se identificó que, al interior del polígono de cobertura del Sistema Bicicletas Públicas, Ecobici, está contenida 44,3% de la infraestructura ciclista de la ciudad y ocurren 24% de los accidentes ciclistas.

Este patrón territorial es indicativo de que la saturación de la vía por parte de personas (residentes y que van a trabajar), así como de vehículos (automóviles y transporte público concesionado y no concesionado) genera un ambiente de alto riesgo para la accidentabilidad ciclista. Con base en este resultado, se reconoce que, en CDMX la investigación sobre accidentes ciclistas debe de comenzar a identificar y estudiar (además de algunos datos generales, como el día de ocurrencia y la hora), las características individuales (sexo, edad) y los factores materiales e inmateriales involucrados en el accidente para diseñar y promover las políticas pertinentes para proteger no sólo a los ciclistas, sino al conjunto de usuarios de la vía.

CDMX con base en la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2022), que coloca a ciclistas en la posición número dos en la jerarquía de movilidad (después de los peatones), busca posicionarse como ciudad ciclista de clase mundial, por lo tanto, concebir y atender la problemática de los accidentes ciclistas como parte de una política de salud pública es esencial para alcanzar ese objetivo. Entre las medidas de política pública a implementar en CDMX para incrementar la seguridad de los ciclistas está incrementar la señalética y buscar, en la medida de lo posible, aislar físicamente el carril ciclista para incrementar la percepción de seguridad.

Asimismo, se deben de buscar sanciones más severas para los causantes de accidentes ciclistas; pero también es necesario considerar la opción de implementar un programa de infracción a ciclistas. En ocasiones, los ciclistas circulan por lugares no permitidos: banquetas, andadores o calles exclusivas para movilidad peatonal; y también circulan en vías tránsito rápido en las que está prohibida la movilidad ciclista. Pero, sobre todo, una conducta recurrente de los ciclistas es negarse a respetar las señales de tránsito, específicamente, los semáforos.

Asimismo, a pesar de la congestión vehicular y peatonal, los ciclistas circulan con exceso de velocidad y en sentido contrario al indicado. Debe de comenzar a cambiar la visión del ciclismo correcto y el resto de los usuarios de la vía sus adversarios y corruptores. Entre las opciones, se debe de exigir que los ciclistas lleven consigo un documento de identidad y también, que porten y utilicen implementos mínimos de seguridad, como el casco.

En caso de no portar los implementos mínimos de seguridad, el ciclista será merecedor de una amonestación o sanción administrativa y si reincide, una multa. En cuanto a no llevar documento de identidad, la bicicleta puede ser confiscada y remitida al módulo ministerial u oficina de vigilancia correspondiente y sólo podrá ser recuperada bajo obligatoria identificación del usuario y una sanción administrativa; pero en caso de reincidencia, la bicicleta se entregará sólo a través del pago de una multa. La cultura ciclista implica respeto por parte de los diferentes usuarios de la vía hacia el ciclista y del ciclista hacia los diferentes usuarios de la vía. Este tipo de medidas ya se contemplan en el *Reglamento de Tránsito de la Ciudad de México 2023*, Título Quinto, Capítulo III, *De los hechos de tránsito y de la responsabilidad civil resultante*, pero es necesario pasar de la emisión de leyes a su aplicación (Gobierno de la Ciudad de México, s/f b).

Este tipo de políticas ya son una realidad en países como Suiza que, al consagrar constitucional el uso de la bicicleta y la infraestructura ciclista diseñó, además de las políticas de impulso al ciclismo, políticas de incremento a la seguridad (O'Sullivan, 2018). No se puede saber con exactitud cuándo y dónde ocurrirá un accidente ciclista; sin embargo, sí es posible reconocer las condiciones propiciatorias que, al combinarse, configuran un escenario de alta probabilidad de accidentabilidad. Para CDMX, en la agenda de investigación territorial sobre accidentes ciclistas queda la asignatura de reducir la escala de análisis para identificar a detalle los factores materiales, inmateriales y externos involucrados en la ocurrencia de este tipo de accidentes.

Agradecimientos

Se agradece a la Mtra. Teresita Ruiz Pantoja, Técnica Académica del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la Universidad Nacional Autónoma de México, por su ayuda en la verificación del modelo de regresión de Poisson y la interpretación de los coeficientes.

Referencias

- Aertsens, J., de Geus, B., Vandenbulcke, G., Degraeuwe, B., Broekx, S., De Nocker, L., Liekens, I., Mayeres, I., Meeusen, R., Thomas, I., Torfs, R., Willems, H., & Panis, L. (2010). Commuting by bike in Belgium, the costs of minor accident. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 2149-2157. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.07.008>
- Baddeley, A. & Turner, R. (2005). spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point Patterns. *Journal of Statistical Software*, 12(6), 1-42. <https://doi.org/10.18637/jss.v012.i06>
- Bauer, M., Okraszewska, R., & Richter, M. (2021). Analysis of the causes and effects of cyclist-pedestrian accidents in biggest polish cities. *Archives of Transport*, 58(2), 115-135. <http://dx.doi.org/10.5604/01.3001.0014.8970>
- Billot-Grasset, A., Amoros, E., & Hours, M. (2016). How cyclist behavior affects bicycle accident configurations? *Transportation Research Part F*, 41, 261-276. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2015.10.007>
- Cameron, A.C., & Trivedi, P.K. (1990). Regression-based tests for overdispersion in the Poisson Model. *Journal of Econometrics*, 46(3), 347-364. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(90\)90014-K](https://doi.org/10.1016/0304-4076(90)90014-K)
- Cameron, A.C., & Trivedi, P.K. (1998). *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511814365>
- City of Melbourne. (2017). *Annual Vehicle and Bicycle Counts*, Cycling Data. <http://www.melbourne.vic.gov.au/sitecollectiondocuments/annual-bicycle-count-march-2017.pdf>
- Clarke, D.D., Ward, P., Bartle, C., & Truman, T. (2006). Young driver accidents in the UK: The influence of age, experience, and time of day. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 871-878. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2006.02.013>
- Delbosc, A., Naznin, F., Haslam, N., & Haworth, N. (2019). Dehumanization of cyclists predicts self-reported aggressive behaviour toward them: A pilot study. *Transportation Research Part F*, 62, 681-689. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.03.005>
- Demirsoy, I. (2022). Testing Complete Spatial Randomness on Linear Networks: Leon County Traffic Accident Example, *Cumhuriyet Science Journal*. 43(4), 769-776. <https://doi.org/10.17776/csj.1120685>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2022). Decreto por el que se expide la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. *Diario Oficial de la Federación*. México. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5652187&fecha=17/05/2022#gsc.tab=0
- Ding, N., Zhai, Y., Hu, X., & Ma, M. (2019). Crime prediction of bicycle theft based on online search data. In P. Krömer, H. Zhang, Y. Liang, J.S. Pan (Eds), *Proceedings of the Fifth Euro-China Conference on Intelligent Data Analysis and Applications* (pp. 117-128). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03766-6_13
- Donaldson, L.H., Brooke K., & Faux S.G. (2009). Orthopaedic trauma from road crashes: is enough being done? *Australian Health Review*, 33(1), 72-83. <https://doi.org/10.1071/ah090072>
- Fishman, E. (2016). Cycling as transport. *Transport Reviews*, 36(1), 1-8. <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1114271>
- Flatley, J. (2017). Overview of bicycle theft: England and Wales A summary of the long-term trends in bicycle theft, including demographic and nature of crime data. Office for National Statistics. <https://cy.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/crimeandjustice/articles/overviewofbicycletheft/2017-07-20>
- Fruhen, L.S. & Flin, R. (2015). Car driver attitudes, perceptions of social norms and aggressive driving behaviour towards cyclists. *Accident Analysis and Prevention*, 83, 162-170. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.07.003>
- Gilbert, K. & McCarthy, M. (1994). Deaths of cyclist in London 1985-92: the hazards of road traffic. *BMJ*, 308, 1538. <https://doi.org/10.1136/bmj.308.6943.1534>
- Gobierno de la Ciudad de México. (s/f a). *Portal de Datos Abiertos*. <https://datos.cdmx.gob.mx/>

- Gobierno de la Ciudad de México. (s/f b). *Reglamento de Tránsito de la Ciudad de México*. Secretaría de Seguridad Ciudadana. Gaceta Oficial del Distrito Federal el 17 de agosto de 2015 (última reforma del 10 de agosto de 2023). <https://www.ssc.cdmx.gob.mx/organizacion-policial/subsecretaria-de-control-de-transito/reglamento-de-transito>
- González Pacheco, N., Maraón Pardo, R., Storch de Gracia Calvo, P., Campos Calleja, C., Mojica Muñoz, E., Rodríguez Sáez, M.J., Crespo Rupérez, E., Panzino Occhiuzzo, F., Díez Sáez, C., Barea Martínez-Páiz, V., Hernández González, A., Estopiñá Ferrer, G., Yagüe Torcal, F., Pociello Almiñana, N., García Peleteiro, P., & Pizà Oliveras, A. (2014). Accidentes de bicicleta atendidos en los Servicios de Urgencias. Estudio multicéntrico. *Anales de Pediatría*, 80(4), 242-248. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anpedi.2013.05.031>
- Graw, M. & Köning, H.G. (2002). Fatal pedestrian-bicycle collisions. *Forensic Science International*, 126(3), 241-247. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(02\)00085-3](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(02)00085-3)
- Gu, J., Mohit, B., & Muenning, A. (2017). The cost-effectiveness of bike lanes in New York City. *Injury Prevention*, 23(4), 239-243. <http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2016-042057>
- Harris, M.A., Reynolds, C.C.O., Winters, M., Crompton, P.A., Shen, H., Chipman, M.L., Cusimano, M.D., Babul, S., Brubacher, J.R., Friedman, S.M., Hunte, G., Monro, M., Vernich, L., & Teschke, K. (2013). Comparing the effects of infrastructure on bicycling injury at intersections and non-intersections using a case-cross-over design. *Injury Prevention*, 19, 303-310. <http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2012-040561>
- Haworth, N., Legge, M., Twisk, D., Bonham, J., O'Hare, T., & Johnson, M. (2019). Young drivers crashes with cyclists: identifying training opportunities. *Journal of the Transportation Research Board*, 2673(12), 679-689. <http://doi.org/10.1177/0361198119860118>
- Hidalgo-Solórzano, E., Pérez-Núñez, R., Mojarro, F.R., Vera-López, J.D., & Híjar, M. (2020). Accidentes no fatales en población mexicana, prevalencia y factores asociados. Ensanut 2018-19. *Salud Pública de México*, 62(6), 829-839. <https://doi.org/10.21149/11563>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Censo de Población y Vivienda 2020*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. <https://www.inegi.org.mx/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s/f a). *Marco Geoestadístico Nacional 2020*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s/f b). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- INEGI-Setravi-II-UNAM. (2017). *Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México 2017*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía-Secretaría de Transporte y Vialidad del Distrito Federal-Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Johnson, S.D., Sidebottom, A., & Thorpe, A. (2008). *Bicycle Theft. Problem-Oriented Guides for Police Problem-Specific Guides Series. Guide No. 52*. U.S. Department of Justice Office of Community Oriented Policing Services. <http://www.cops.usdoj.gov>
- Ling, R., Rothman, L., Cloutier, M.S., Macarthur, C., & Howard, A. (2020). Cyclist-motor vehicle collisions before and after implementation of cycle tracks in Toronto, Canada. *Accident Analysis and Prevention*, 135, 105360. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2019.105360>
- Martínez Ruiz, V., Jiménez Mejías, E., Amezcua Prieto, C., Olmedo Requena, R., Pulido Manzanero, J., & Lardelli Claret, P. (2015). Factores asociados al riesgo de provocar una colisión entre un ciclista y un peatón en España, 1993-2011. *Gaceta Sanitaria*, 29(S1), 10-15. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2015.04.005>
- Mason-Jones, A.J., Turrell, S., Zavala Gomez, G., Tait, C., & Lovelace, R. (2022). Severe and Fatal Cycling Crash Injury in Britain: Time to Make Urban Cycling Safer. *Journal Urban Health*, 99, 334-343. <https://doi.org/10.1007/s11524-022-00617-7>
- Mayou, R. & Bryant, B. (2002). Outcome 3 years after a road traffic accident. *Psychol Med*, 32(4), 671-675. <https://doi.org/10.1017/s0033291702005470>

- McMahon, P., Duncan, C., Stewart, J., Zegeer, C., & Khattak, A. (1999). Analysis of factors contributing to "walking along roadway" crashes. *Transportation Research Record*, 1674(1), 41-48. <https://doi.org/10.3141/1674-06>
- Medina, R.M., Cervone, G., & Waters, N.M. (2017). Characterizing and Predicting Traffic Accidents in Extreme Weather Environments. *The Professional Geographer*, 69(1), 126-137. <https://doi.org/10.1080/00330124.2016.1184987>
- Mesimäki, J. & Luoma, J. (2021). Near accidents and collisions between pedestrians and cyclists. *European Transport Research Review*, 13(38). <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00497-z>
- Monet, C. (1997). Situational crime prevention: techniques for reducing bike theft at Indiana University, Bloomington. *Journal of Security Administration*, 20(2), 1-14.
- Noland, R.B. (1995). Perceived risk and modal choice: risk compensation in transportation systems. *Accident Analysis & Prevention*, 27(4), 503-521. [http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575\(94\)00087-3](http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575(94)00087-3)
- Obregón Biosca, S.A. & Reyes Guerrero, E.E. (2023). Comportamiento ciclista en el respeto a la luz roja: estudio observacional. *CIENCIA Ergo-Sum*, 30(1). <https://doi.org/10.30878/ces.v30n1a5>
- O'Sullivan, D. (2018, September 23). Bikes coast into Swiss constitution with clear voter support. Swissinfo.ch. https://www.swissinfo.ch/eng/business/september-23-ballot_swiss-to-vote-on-the-importance-of-cycling/44409042
- Pai, C.W. & Jou, R.C. (2014). Cyclists' red-light running behaviours: An examination of risk-taking, opportunistic, and law-obeying behaviours. *Accident Analysis and Prevention*, 62, 191-198. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.09.008>
- Prati, G., Fraboni, F., De Angelis, M., & Pietrantonio, L. (2019). Gender differences in cyclists' crashes: an analysis of routinely recorded crash data. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 26(4), 391-398. <https://doi.org/10.1080/17457300.2019.1653930>
- R Core Team. (2020). R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*. <https://www.r-project.org/>
- Raslavičius, L., Bazaras, L., & Keršys, R. (2017). Accident Reconstruction and Assessment of Cyclist's Injuries Sustained in Car-to-Bicycle Collision. *Procedia Engineering*, 187, 562-569. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.415>
- Reynolds, C.C.O., Harris M.A., Teschke, K., Crompton, P.A., & Winters, M. (2009). The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature. *Environmental Health*, 8(47). <http://dx.doi.org/10.1186/1476-069X-8-47>
- Richardson, M. & Caulfield, B. (2015). Investigating traffic light violations by cyclists in Dublin City Centre. *Accident Analysis and Prevention*, 84, 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.08.011>
- Rodríguez-Hernández, J.M., Campuzano-Rincón, J.C., & Híjar, M. (2011). Comparación de datos sobre mortalidad por atropellamientos en la Ciudad de México: ¿se han presentado cambios en una década? *Salud Pública de México*, 53(4), 320-328. <https://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v53n4/a06v53n4.pdf>
- Schepers, P., Hagenzieker, M., Methorst, R., van Wee, B., & Wegman, F. (2014). A conceptual framework for road safety and mobility applied to cycling safety. *Accident Analysis and Prevention*, 62, 331-340. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.032>
- Suárez Lastra, M., Galindo Pérez, M.C., & Reyes García, V.A. (2022). Plan Bici CDMX. Una estrategia de movilidad en bicicleta para Ciudad de México. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, LIV(213), 665-682. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2022.213.8>
- Teschke, K., Harris, M.A., Reynolds, C.C.O., Winters, M., Babul, S., Chipman, M., Cusimano, M.D., Brubacher, J.R., Hunte, G., Friedman, S.M., Monro, M., Shen, H., Vernich, L., & Crompton, P.A. (2012). Route infrastructure and the risk of injuries to bicyclists: A case-crossover study. *American Journal of Public Health*, 102(12), 2336-2343. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2012.300762>
- Tuckel, P., Milczarski, & W., Maisel, R. (2014). Pedestrian injuries due to collisions with bicycles in New York and California. *Journal of Safety Research*, 51, 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.07.003>

- Useche, S., Alonso, F., Montoro, L., & Esteban, C. (2018). Distraction of cyclists: how does it influence their risky behaviors and traffic crashes? *PeerJ*, 6, e5616. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.5616>
- Useche, S., Alonso, F., Sanmartin, J., Montoro, L., & Cendales, B. (2019). Well-being, behavioral patterns and cycling crashes of different age groups in Latin America: Are aging adults the safest cyclists? *PLoS ONE*, 14(8), e0221864. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221864>
- TomTom Traffic Index. (2023). *Measuring Congestion Worldwide*. <https://www.tomtom.com/traffic-index/mexico-city-traffic/>
- Veisten, K., Sælensminde, K., Alvær, K., Bjørnskau, T., Elvik, R., Schistad, T., & Ytterstad, B. (2007). Total costs of bicycle injuries in Norway: Correcting injury figures and indicating data needs. *Accident Analysis and Prevention*, 39(6), 1162-1169. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.03.002>
- Varriano, B., Porplycia, D., & Friedman, S.M. (2022). Unhelmeted Injured Cyclists in a Canadian Emergency Department: Cycling Behavior and Attitudes Towards Helmet Use. *INQUIRY*, 59, 1-9. <https://doi.org/10.1177/00469580221083276>
- World Economic Forum (WEF). (2020, September 2). La pandemia dispara el uso de las bicicletas en México. *World Economic Forum*. <https://es.weforum.org/agenda/2020/09/la-pandemia-dispara-el-uso-de-las-bicicletas-en-mexico/>
- World Health Organization (WHO). (2013). *WHO global status report on road safety 2013: supporting a decade of action*. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/78256>

Consideraciones sobre las percepciones y aspiraciones de los usuarios de las Zonas de Expansión Canina de la ciudad de Granada (España)

Considerations on the Perceptions and Aspirations of Dog Park Users in Granada, Spain

AUTORÍA

José Luis
Serrano-Montes 

Dpto. de Geografía Humana, Universidad de Granada, Facultad de Filosofía y Letras, Campus de Cartuja s/n., 18071 Granada, España.

Luz María
Martín-Delgado 

Dpto. de Geografía, Universidad de Valladolid, Facultad de Filosofía y Letras Pl. Campus Universitario, s/n, 47011 Valladolid, España.

Francisco Javier
Rodríguez-Segura 

Dpto. de Didáctica de las Ciencias Sociales, Lengua y Literatura, Universidad de Extremadura, Facultad de Educación y Psicología, Av. de Elvas, s/n, 06006 Badajoz, España.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.28580>

CITACIÓN

Serrano-Montes, J. L., Martín-Delgado, L. M., & Rodríguez-Segura, F. J. (2025). Consideraciones sobre las percepciones y aspiraciones de los usuarios de las Zonas de Expansión Canina de la ciudad de Granada (España). *Investigaciones Geográficas*, (84), 249-267. <https://doi.org/10.14198/INGEO.28580>

 **CORRESPONDENCIA**
José Luis Serrano-Montes (joselsm@ugr.es)

HISTORIA

Recibido: 30 octubre 2024
Aceptado: 11 abril 2025
Publicado: 23 julio 2025
(Publicación anticipada: 9 junio 2025)

TÉRMINOS

© 2025 José Luis Serrano-Montes, Luz María Martín-Delgado, Francisco Javier Rodríguez-Segura

 Este trabajo se publica bajo una licencia Creative Commons de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

El perro es la especie doméstica más extendida y que goza de mayor aceptación social en las ciudades de todo el mundo. Tanto es así, que durante el último medio siglo se vienen construyendo cada vez más equipamientos y espacios públicos en las urbes para este animal de compañía: este es el caso de los parques caninos. Pese al avance que representan estos espacios en la creación de ciudades multiespecie, la geografía española no ha prestado atención a este creciente fenómeno urbano. En este contexto, la presente investigación pretende, desde un enfoque geográfico, realizar una primera aproximación a la percepción social de los usuarios de las Zonas de Expansión Canina de la ciudad de Granada (España), una localidad que cuenta actualmente con 30 espacios públicos reservados para los canes. A través de una encuesta, se va a determinar la valoración, satisfacción y aspiraciones de los usuarios de estos espacios, con el fin de optimizar su gestión y planificación y de avanzar en la construcción de una ciudad más amigable para los perros.

Palabras clave: ciudades amigables para los perros; parques caninos; planificación urbana; participación pública; geografía de los animales; familias multiespecie.

Abstract

Dogs are the most widespread and socially accepted pet in cities all over the world. So much so that, over the last half century, more and more public spaces have been built in cities for this animal companion: this is the case of dog parks. Despite the progress that these spaces represent in the making of multi-species cities, Spanish geography has not paid attention to this growing urban phenomenon. Within this context, based on a geographical approach, this research seeks to conduct a first analysis of the social perception of the users of the dog parks in the city of Granada (Spain), which currently has 30 public spaces reserved for dogs. Through a survey, the evaluation, satisfaction and aspirations of the users of these areas will be determined in order to optimise their management and planning and to make progress in the construction of a more dog-friendly city.

Keywords: Dog-friendly cities; dog parks; urban planning; public participation; animal geography; multispecies families.

1. Introducción

Desde la década de 1990 se ha asistido a una explosión de los estudios geográficos sobre animales en el marco de una corriente de origen anglosajón conocida como *animal geography* (Buller, 2013; Hovorka, 2018a, 2018b; Quintero & López, 2020). Vinculada con la Geografía cultural y alejada de la tradicional Zoogeografía, Urbanik (2012) define la nueva Geografía de los animales como “el estudio del dónde, cuándo, por qué y cómo los animales interactúan con las sociedades humanas” (p. 38). Así, esta subdisciplina se centra directamente en el análisis de los complejos entramados que derivan de las dimensiones espacial, ambiental, paisajística y del lugar de las interrelaciones entre animales y humanos (Philo & Wilbert, 2000).

Más allá del estudio del ganado doméstico o de la fauna salvaje, la Geografía de los animales ha despertado el interés de la ciencia geográfica por otras categorías animales, caso de la fauna asilvestrada, de los animales de trabajo, de los animales abandonados o de las mascotas (Serrano-Montes & Caballero Calvo, 2019). En relación con esta última categoría, el perro ha recibido una importante atención en la literatura científica desarrollada hasta la fecha (Fox, 2006; Power, 2008; Srinivasan, 2012; Fletcher & Platt, 2018).

Además, entre las múltiples líneas de trabajo surgidas en el seno de esta corriente geográfica, ha habido un creciente interés por el lugar que ocupan los animales —tanto salvajes como domésticos— en los espacios urbanos (Wolch, 2002). Ya desde el nacimiento de la Geografía de los animales como disciplina, algunas investigaciones pioneras reflexionaban sobre la aceptación social de las distintas categorías o especies animales en los ámbitos urbanos (Philo, 1995), a la vez que otros trabajos ponían de relieve la necesidad de desarrollar una teoría urbana “transespecie” que superase la tradicional concepción antropocéntrica de la ciudad (Wolch et al., 1995; Wolch, 1998, 2002).

A partir de la publicación de estas investigaciones iniciales, se ha venido desarrollando un extenso cuerpo de literatura científica en torno a la integración de los animales en las políticas urbanas, así como en los procesos de planeamiento y gestión de las ciudades (Blanc, 2003; Beatley, 2011; Coltro, 2019; Thoren, 2018). Este desarrollo científico es el reflejo, en gran medida, de la consolidación de unos modelos de hogar característicos de las sociedades urbanas contemporáneas, en los que la mascota se ha convertido en un miembro fundamental del núcleo familiar, surgiendo el concepto de “familias multiespecie” (Charles, 2016; Irvine & Cilia, 2017; Sancho Ezquerro, 2023; Sáez-Olmos et al., 2023). El perro es uno de los protagonistas por excelencia de este nuevo escenario sociodemográfico (Power, 2008), por lo que su presencia en las urbes goza de una generalizada aceptación social. Además, en numerosos países la fecundidad está empezando a ser reemplazada por la tenencia de mascotas como el gato o el perro (Guo et al., 2021; Volsche, 2021; Martín, 2022; Uñates Mazo et al., 2024). España es un buen ejemplo de ello, existiendo actualmente un mayor número de perros que de niños en diversas ciudades (Muñiz, 2023; Galarza, 2024; Robledano Sanz, 2024). Si bien podría existir un cierto sesgo en las cifras (Sánchez-Martín, 2025), en 2023 se registraban en el país más de 10 millones de perros y casi un millón de gatos, frente a 1.786.406 niños de entre 0 y 4 años, lo que denota un importante cambio en la estructura de los hogares españoles (González, 2025).

Este fenómeno, característico de las sociedades más avanzadas, ha dado lugar a la construcción de cada vez más equipamientos y espacios públicos destinados a los habitantes caninos de las urbes, como es el caso de las fuentes y piscinas para perros, de los cementerios para mascotas o de los parques caninos. En esta línea, cada vez más investigaciones demandan una planificación y diseño urbanos menos antropocéntricos, que den lugar a ciudades multiespecie: urbes más acogedoras para todas las formas de vida (Van Patter, 2023). Esto ha llevado a una discusión, desde diferentes disciplinas, en torno a los límites de una más que polémica “ciudadanía animal” (Kymlicka & Donaldson, 2016).

Los parques para perros constituyen uno de los elementos que ha generado mayor interés científico, habiendo surgido un notable número de investigaciones en diferentes regiones del mundo que tratan de analizar la incidencia de estos espacios, su diseño y configuración (Holderness-Roddam, 2020), los beneficios y conflictos potenciales o las interrelaciones multiespecie que tienen lugar en los mismos (Gómez, 2013; Harris, 2017; Włodarczyk, 2021; Chen et al., 2022). No obstante, no abundan los trabajos que abordan la percepción social de estos espacios públicos o que consideran la participación efectiva de sus usuarios en el diseño y planificación de los parques caninos (Lee et al., 2009; Iojă et al., 2011; Rock et al., 2016; Booth, 2017; Gómez et al., 2017). Se trata de cuestiones esenciales en el marco de una necesaria planificación y gestión democrática de los paisajes urbanos.

La participación pública constituye en la actualidad una premisa fundamental que debe estar presente en cualquier proceso de protección, gestión y ordenación del paisaje, tal y como han puesto de manifiesto

distintos organismos y tratados internacionales (Council of Europe, 2000; Jones, 2018). Asimismo, la implicación activa de los ciudadanos se considera un aspecto clave en un contexto de planificación urbana sostenible (Amado et al., 2010). Este enfoque se alinea con las metas del ODS 11 (*Ciudades y comunidades sostenibles*) de la Agenda 2030, que promueve la planificación y gestión participativa, integrada y sostenible de los espacios urbanos (UN DESA, 2023).

En este contexto, el presente trabajo pretende realizar una primera aproximación al estudio de la percepción social y aspiraciones de los usuarios de los parques caninos en un país como España, donde hasta la fecha no existen publicaciones al respecto. Así, tomando como área de estudio la ciudad de Granada, esta investigación tiene como objetivo principal determinar, mediante una encuesta, las percepciones de los usuarios de los parques caninos de esta urbe. Igualmente, se va a realizar una caracterización de la utilización actual de estos espacios públicos y una identificación de las necesidades y demandas de sus usuarios en relación con la adecuada planificación y gestión de los mismos. Por último, este trabajo tiene también como propósito comprender los deseos y aspiraciones de los usuarios de los parques caninos de Granada para la construcción de una ciudad más amigable con los perros (*dog-friendly city*).

2. Metodología

2.1. Ámbito de estudio

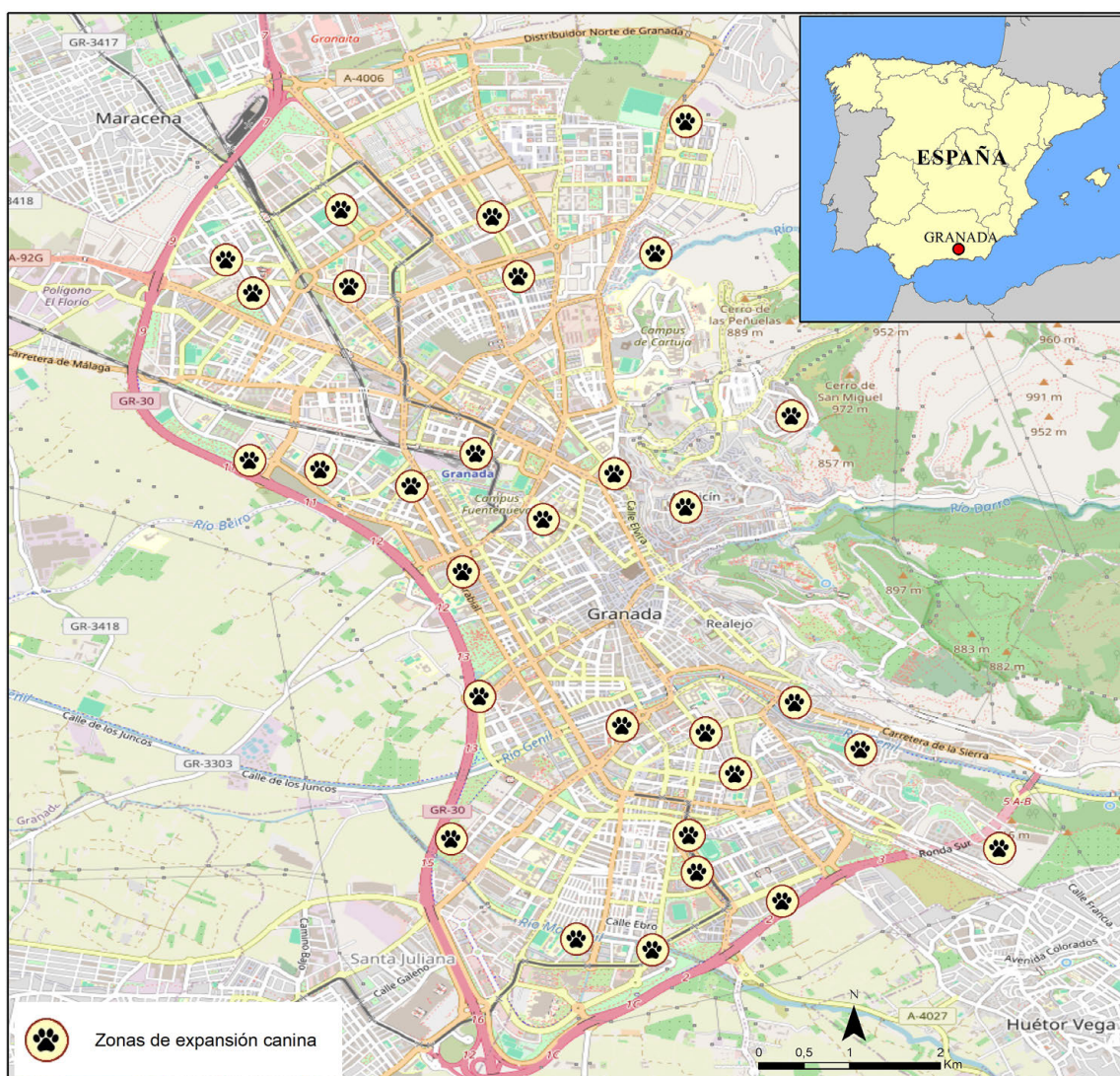
Granada es una ciudad española ubicada en el sur de la península Ibérica (Longitud: 3°36'24.01"O - Latitud: 37°11'17.41"N) y perteneciente a la Comunidad Autónoma de Andalucía. A fecha de 1 de enero de 2023, la ciudad contaba con una población de 230.595 habitantes, habiendo perdido 9.500 efectivos desde el año 2011 (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2024). Se trata de una población en declive cuya tasa anual de crecimiento se sitúa en un -0,3%. La ciudad ocupa una superficie de 81,11 km², por lo que presenta una densidad de 2.842,9 habitantes/km².

En relación con el espacio urbano de Granada, los parques y zonas verdes de la ciudad alcanzan una superficie de 1,72 km² (M. M., 2019). Dentro de estos espacios públicos, ocupan un lugar cada vez más relevante los parques para perros, denominados en este municipio como "Zonas de Expansión Canina" (ZEC). El Ayuntamiento de Granada define estos espacios como "zonas del espacio público perfectamente delimitadas y acotadas mediante un vallado de madera, señalizadas mediante carteles y destinadas a que los ciudadanos propietarios de perros, como animales de compañía, dispongan de un espacio adecuado para que los animales puedan realizar el ejercicio físico que su naturaleza les requiere. Para ello, estos espacios están dotados de una serie de elementos como son: balancín, slalom, túnel, saltos de longitud, aro y empalizada, variable en número de unas Zonas Expansión Canina a otras en función de la superficie total de cada una, mediante los cuales los perros pueden realizar distintos ejercicios al tiempo que facilitan a sus propietarios la tarea de adiestramiento y socialización de los animales" (Ayuntamiento de Granada, s. f.). La primera ZEC de Granada se creó en 2012, existiendo en la actualidad un total de 30 parques para perros distribuidos por diferentes áreas de la ciudad (Figura 1), que ocupan una extensión total de 7.970,25 m².

Estos 30 espacios presentan una enorme heterogeneidad en cuanto a su configuración interna, variando considerablemente en superficie (desde los 73,12 m² del más pequeño hasta los 843,86 m² del de mayor tamaño), presencia de equipamientos (elementos de agility, fuentes, papeleras, bancos, ...), tipo de pavimento, iluminación, presencia de arbolado o estado de conservación general. Este último aspecto puede estar relacionado con el momento de su construcción y el deterioro ocasionado por el paso del tiempo, pues el más antiguo data de 2012 y el más reciente de 2024 (Figura 2).

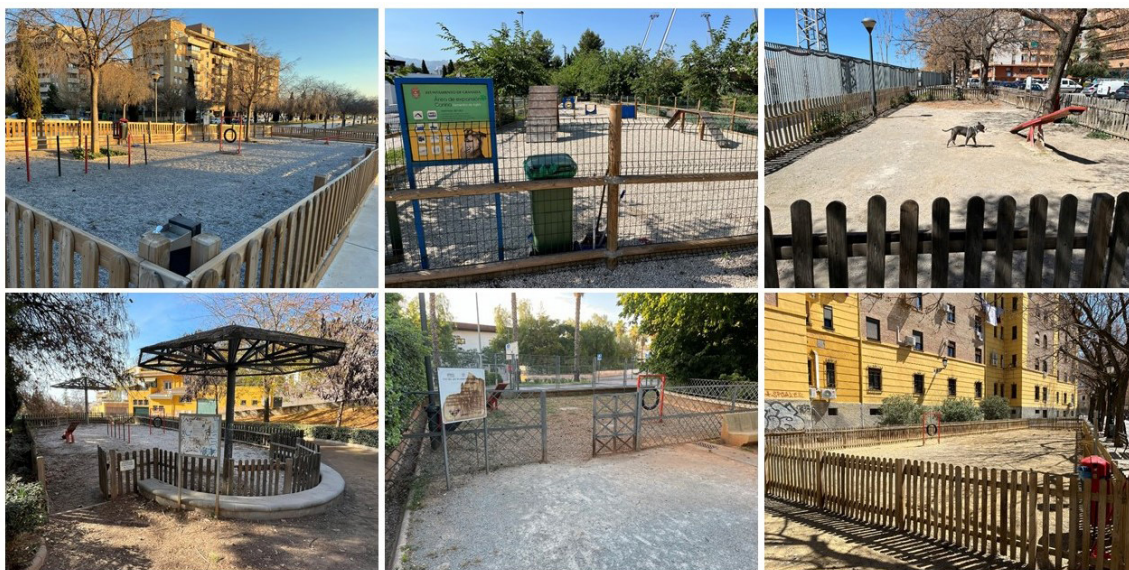
En cuanto a la población canina de la ciudad de Granada, en 2022 había censados 28.656 canes en el municipio según datos del Registro Andaluz de Identificación Animal (RAIA, 2023), si bien la población perruna podría ser mucho mayor debido tanto a la presencia de perros no identificados (sin microchip), como al volumen de canes residentes en Granada, pero "empadronados" en otros municipios. Granada constituye un buen ejemplo de ciudad multiespecie, donde actualmente hay más perros que niños: frente a esa población de casi 29.000 cánidos, esta urbe cuenta con una población (humana) menor de 10 años que no alcanza las 18.000 personas (INE, 2024). Asimismo, la situación de la ciudad es un reflejo del contexto provincial, en el que se registra el triple de hogares con mascota que con niños (Rodríguez, 2022). Este escenario sociodemográfico justifica la pertinencia de llevar a cabo investigaciones como la presente en la ciudad de Granada.

Figura 1. Localización de las Zonas de Expansión Canina de la ciudad de Granada



Elaboración propia

Figura 2. Ejemplos de la diversidad tipológica de las ZEC de la ciudad de Granada



Elaboración propia

2.2. Marco normativo regulador de las Zonas de Expansión Canina

A nivel estatal, la reciente aprobación de la Ley de Protección de los Derechos y el Bienestar de los Animales (Ley 7/2023, de 28 de marzo) incorpora avances importantes en cuanto al derecho a la ciudad de los animales de compañía. En su Artículo 29, establece que “los Ayuntamientos promoverán el acceso a playas, parques y otros espacios públicos de aquellos animales de compañía que no constituyan riesgo para las personas, otros animales o las cosas. Sin perjuicio de su acceso a estos y otros espacios, los municipios determinarán en todo caso lugares específicamente habilitados para el esparcimiento de animales de compañía, particularmente los de la especie canina”.

En lo que respecta al marco normativo para el diseño, planificación y gestión de estos espacios públicos urbanos en la Comunidad Autónoma Andaluza, la reciente Ley 7/2021 de impulso para la sostenibilidad del territorio de Andalucía establece un marco general para la ordenación del territorio y el urbanismo, en el que se establecen los criterios para la ordenación de las zonas verdes y espacios públicos urbanos. No obstante, esta ley no hace referencia a los parques caninos, de forma que no existe una regulación específica a nivel autonómico que detalle los requisitos para el diseño, creación y gestión de estos espacios en la región.

Más allá de la legislación urbanística autonómica propiamente dicha, cabe mencionar el avance que supuso la aprobación en 2003 de la Ley Andaluza de Protección de los Animales (Ley 11/2003, de 24 de noviembre), representando un hito fundamental en la construcción de ciudades multiespecie en Andalucía. El Artículo 15 de la citada ley, titulado “Zonas de esparcimiento”, sostiene que las Administraciones Públicas tienen el deber de “habilitar en los jardines y parques públicos espacios idóneos debidamente señalizados tanto para el paseo como para el esparcimiento de los animales. Igualmente, cuidarán de que los citados espacios se mantengan en perfectas condiciones de seguridad e higiénico-sanitarias”.

Pese a las directrices establecidas en las legislaciones nacional y autonómica en materia de derechos y bienestar animal, las zonas de esparcimiento canino constituyen un fenómeno urbano reciente que aún no se ha integrado de manera efectiva en los Planes Generales de Ordenación Urbana (PGOU) ni en los Planes de Adaptación Parcial de los mismos en las ciudades andaluzas. En la actualidad, la mayor parte de la regulación sobre parques caninos reside en las ordenanzas municipales. Estas normas locales son las que establecen los criterios específicos para la ubicación, diseño, mantenimiento y uso de estos espacios públicos.

Así, numerosos ayuntamientos andaluces cuentan a día de hoy con una ordenanza municipal en línea con las directrices marcadas por la Ley 11/2003 de protección de los animales. Una revisión de las ordenanzas municipales en materia de protección, bienestar y tenencia de animales de las capitales andaluzas, muestra una serie de acciones municipales para la promoción del bienestar de los animales, entre las que se encuentran la creación de áreas de esparcimiento destinadas a los canes. Estas ordenanzas contemplan también las normas relativas al acceso de los animales de compañía a las vías y espacios públicos, a playas y piscinas públicas, a establecimientos públicos y al transporte público. Además, en el caso concreto de los Ayuntamientos de Sevilla, Jaén y Málaga, sus ordenanzas contienen artículos específicamente dedicados a la definición y normas de uso de los parques caninos. En cuanto al diseño de estos espacios, el Ayto. de Málaga es el único que detalla en su web la superficie mínima ideal de las áreas caninas, que debe estar en torno a los 3.000-3.500 m², contando, cuando sea posible, con dos recintos bien delimitados, para perros grandes y pequeños (Ayuntamiento de Málaga, s. f.).

En el caso de la ciudad de Granada, la “Ordenanza municipal reguladora de la tenencia de animales” del Ayto. de Granada, en su Artículo 18 (Tenencia de animales en espacios de uso público) establece que las ZEC son los únicos espacios públicos de la ciudad donde está permitido dejar a los perros sueltos (B.O.P., 2021).

2.3. Proceso metodológico

El proceso metodológico seguido en el presente estudio se compone de las siguientes ocho fases:

- i) Revisión de la literatura científica existente sobre planificación y construcción de ciudades “dog-friendly” o ciudades multiespecie y, en particular, sobre parques caninos. Esa revisión se llevó a cabo mediante una búsqueda de publicaciones en plataformas como la Web of Science, Google Scholar y Scopus. El análisis del estado de la cuestión se completó mediante la exploración de las hemerotecas virtuales de revistas especializadas en geografía o en planificación y gestión de los espacios urbanos, tales como “Social & Cultural Geography”, “Transactions of the Institute of British Geographers”, “Landscape and Urban Planning”, “Landscape Research” y “Land Use Policy”.

- ii) Análisis de la distribución espacial de las ZEC de Granada, cálculo de su superficie y representación cartográfica de las mismas. Este análisis se llevó a cabo a partir de la información proporcionada por el Ayuntamiento de Granada, complementada con datos tomados mediante trabajo de campo y análisis espacial a través de mapeo con Sistemas de Información Geográfica.
- iii) Diseño de un cuestionario para la identificación de las percepciones y aspiraciones de los usuarios de las Zonas de Expansión Canina. Se diseñó un cuestionario original y novedoso, inspirado en la metodología empleada en distintas publicaciones precedentes sobre participación pública en la gestión y planificación de los parques caninos (Lee et al., 2009; Iojă et al., 2011; Rock et al., 2016; Booth, 2017; Gómez et al., 2017).
- iv) Validación del cuestionario provisional, mediante un ensayo piloto con 10 usuarios en Zonas de Expansión Canina de la ciudad de Granada y diseño de la versión definitiva. El cuestionario final quedó conformado por dos partes: a) un primer bloque de preguntas orientado a determinar las características y el perfil sociodemográfico de los encuestados: edad, género, nivel de estudios, profesión y número de perros por usuario; y b) un segundo bloque compuesto por 10 preguntas de diferente naturaleza (opción múltiple, abiertas, mixtas y de clasificación o escala), encaminadas a comprender la percepción y las aspiraciones de los usuarios de las ZEC (Tabla 1).
- v) Exploración visual, fotografiado y cartografía de las 30 ZEC existentes en la ciudad de Granada (Figuras 1 y 2). Como fase previa al desarrollo de la encuesta, el equipo de investigación realizó una visita a todos y cada uno los parques caninos de la ciudad, con el fin de conocer su ubicación y de realizar una caracterización preliminar de los mismos, en función de factores como: diversidad de tamaños, estado de conservación, presencia de equipamientos (fuentes, bancos, elementos de *agility*, arbolado, ...), afluencia de usuarios observada y características del entorno.
- vi) Selección de los parques caninos para la realización de las encuestas. El criterio principal para esta selección fue su ubicación en la ciudad, de manera que hubiese una amplia representación de los distintos distritos de la misma. Asimismo, la selección se realizó atendiendo a la diversidad de tamaños y tipologías de las ZEC, determinadas en la fase v. De esta forma, se seleccionaron 7 de las 30 Zonas de Expansión Canina existentes en Granada para la realización del estudio. Las ZEC seleccionadas fueron: Parque Tico Medina (843,86 m²), Parque García Lorca (195,25 m²), Parque Almunia (112,32 m²), Plaza de la Libertad (187,16 m²), Pajaritos C/Halcón (135,96 m²), Parque Sor Cristina de la Cruz Arteaga (455,05 m²) y Paseo del Violón (248,10 m²).

Las siete ZEC seleccionadas corresponden a cuatro distritos de la ciudad de Granada (Ronda, Centro, Beiro y Chana), siendo áreas con unas características urbanísticas y socioeconómicas relativamente diversas (Fernández Gutiérrez, 2003; Agencia Tributaria, 2021):

- El distrito Ronda (ZEC: Parque Tico Medina, Parque García Lorca y Paseo del Violón) se originó en la década de 1930 y experimentó un rápido crecimiento desde los años 60, con alta densidad edificatoria y escasos espacios libres. Su oferta comercial es destacada, aunque presenta problemas de movilidad e infraestructuras. Su población tiene un nivel socioeconómico medio-alto, con una renta bruta de hasta 35.404 euros.
 - El distrito Centro (ZEC: Parque Sor Cristina de la Cruz Arteaga) se encuentra en el núcleo histórico de la ciudad, transformado significativamente a finales del siglo XIX. Su urbanismo combina el trazado medieval con amplias avenidas y edificios emblemáticos. Alberga instituciones, comercios y equipamientos culturales, pero enfrenta gentrificación y saturación turística. Es el distrito con mayor nivel económico, con una renta media de 37.886 euros.
 - En cuanto al distrito Beiro (ZEC: Plaza de la Libertad y Pajaritos), es una zona de transición entre el centro y la periferia, con una mezcla de áreas bien equipadas y zonas vulnerables. Cuenta con infraestructuras clave como el Hospital Universitario y la estación de tren, pero presenta marcadas desigualdades socioeconómicas, con rentas que oscilan entre 36.199 y 23.387 euros.
 - El distrito Chana (ZEC: Parque Almunia) surgió como un barrio obrero en el siglo XX, caracterizado por polígonos residenciales y viviendas unifamiliares. Ha experimentado mejoras urbanísticas, como la construcción del Parque Almunia, aunque algunas zonas aún requieren inversión en infraestructuras. Su perfil socioeconómico es de clase trabajadora, con una renta media de 25.128 euros.
- vii) Desarrollo de la encuesta. La distribución de las encuestas realizadas en cada uno de estos espacios fue la siguiente: Parque Tico Medina (30%), Parque García Lorca (17%), Parque Almunia (16%), Plaza de la

Libertad (14%), Pajaritos C/Halcón (13%), Parque Sor Cristina de la Cruz Arteaga (5%) y Paseo del Violón (3%). El trabajo de campo se distribuyó en dos días —mañana y tarde— por cada parque canino (7 ZEC = total 14 días). El volumen de respuestas obtenidas estuvo determinado por el número de usuarios presentes en las distintas ZEC en las horas de realización de la encuesta.

La ficha técnica presentada en la Tabla 2 detalla la fiabilidad estadística de los resultados. El margen de error muestral se calculó tomando en cuenta la población propietaria de perros residente en el área de estudio —usuarios potenciales de las ZEC—, que era de 28.656 habitantes (RAIA, 2023). Se obtuvieron 125 cuestionarios cumplimentados. Así, el margen de error es del 8,75% en el escenario más desfavorable ($pq = 0,50$) y del 7,36% en el más favorable ($pq = 0,90$). La toma de datos se realizó de forma presencial durante un total de 14 jornadas, entre el 20 de junio y el 19 de julio de 2023, desarrolladas tanto en horario de mañana como de tarde. Se invitó a participar a 127 usuarios, de los cuales 125 aceptaron completar el cuestionario (tasa de respuesta del 98,4%).

Tabla 1. Cuestionario diseñado para explorar las percepciones y aspiraciones de los usuarios de las ZEC de la ciudad de Granada

Preguntas	Respuestas
1. Tiempo de desplazamiento desde el domicilio hasta la ZEC	Indicar tiempo en minutos
2. Frecuencia de uso de las ZEC	Indicar nº de días a la semana
3. Momento del día en el que suele hacer uso de este espacio público	- Por la mañana - Por la tarde-noche - A mediodía
4. Percepción de las ZEC	- Su número, tamaño y distribución en la ciudad son adecuados - Hay demasiados - No hay suficientes - Son muy pequeños - Necesitan una mejor distribución en la ciudad - No conozco la situación de las ZEC de Granada
5. Actividades que realiza en la ZEC	- Entrenamiento/adiestramiento canino - Ninguna actividad específica, solo uso el parque canino para que mi perro/a pueda estar suelto - Uso el parque para que mi perro/a haga sus necesidades - Otro: [Indicar, respuesta abierta]
6. Grado de satisfacción general con las ZEC de la ciudad de Granada	Señalar en una escala de 1 a 5, donde 1 es el menor grado de satisfacción y 5 el mayor grado
7. Indique entre uno y tres aspectos positivos de las ZEC	[Respuesta abierta]
8. Indique entre uno y tres aspectos negativos de las ZEC	[Respuesta abierta]
9. Propuestas de mejora	- La situación es óptima, no necesita mejoras - Mejorar el circuito de <i>Agility</i> - Mejorar su estado de conservación (pavimento, mobiliario, ...) - Mejorar limpieza o cuidado - Aumentar tamaño - Otros: [Indicar, respuesta abierta]
10. Indique otras instalaciones o espacios públicos (más allá de las ZEC) que debería haber en la ciudad de Granada para los animales de compañía	[Respuesta abierta]

Elaboración propia

La Tabla 3 sintetiza el perfil de los usuarios encuestados. Además de los aspectos recogidos en esta tabla, se preguntó a los participantes por el número de canes que integraban su núcleo familiar. La mayoría de los usuarios indicó tener un solo perro (79,2%), seguidos de aquellos encuestados que afirmaron poseer dos cánidos (14,4%). El número máximo de perros por usuario fue de 5, solo en el caso de un participante.

Tabla 2. Ficha técnica del formulario

Población total área de estudio (2023)	230.595 habitantes
Propietarios de canes en el área de estudio (2022)	28.656 (estimación basada en el número de perros registrados)
Muestra	125
Nivel de confianza	95%
Margen de error	pq 0,50 = 8,75%; pq 0,90 = 7,36%
Fecha de realización	20 de junio de 2023 a 19 de julio de 2023
Medio	Realización <i>in situ</i> de las encuestas (en 7 ZEC) mediante un cuestionario elaborado con Google Form

Elaboración propia

Tabla 3. Perfil de la población encuestada

Edad	Género	Nivel de estudios
• Menos de 15 años: 1% • Entre 15 y 30 años: 34% • Entre 31 y 45 años: 34% • Entre 46 y 60 años: 25% • Más de 60 años: 6%	• Mujeres: 57% • Hombres: 43%	• Educación Primaria: 2% • Educación Secundaria / Bachillerato: 19% • Formación Profesional / Estudios Universitarios: 79%

Elaboración propia

viii) La última fase consistió en la organización, análisis e interpretación de los datos obtenidos, generando diversas gráficas y tablas.

3. Resultados

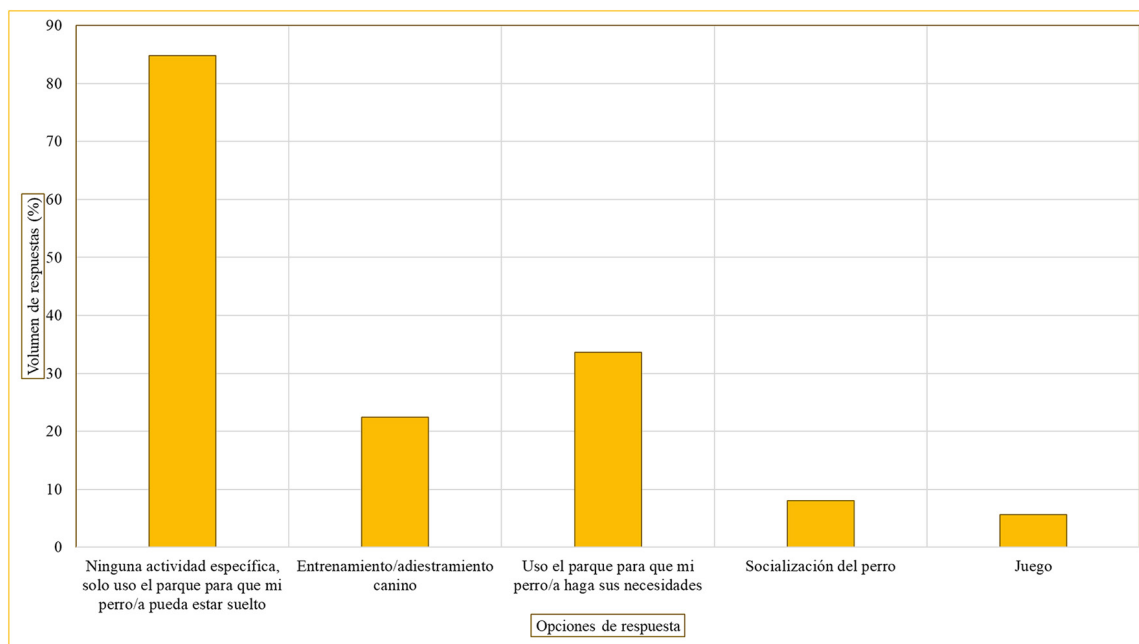
3.1. Uso de las ZEC

Para evaluar el uso de las Zonas de Expansión Canina de la ciudad de Granada se formuló una primera pregunta con tres posibles opciones (Figura 3). Entre estas, la mayoría de los usuarios señaló no realizar ninguna actividad específica en las ZEC, usando el parque únicamente con la finalidad de que el perro pudiese estar suelto (84,8%). En segundo lugar, el 33,6% de los participantes indicó hacer uso de estos espacios para que sus canes pudiesen hacer sus necesidades, seguidos de aquellos que afirmaron emplear las ZEC para el entrenamiento o adiestramiento de sus mascotas (22,4%).

Además de las tres opciones citadas en el párrafo anterior, mediante una respuesta abierta se dejó a los usuarios la posibilidad de indicar otras actividades o usos de las ZEC, entre los que fueron mencionados la socialización del perro (8%) y las posibilidades de juego con otros animales de su especie que proporcionan estos espacios (5,6%).

En cuanto a la frecuencia de uso de los parques caninos de Granada, el 80% de los encuestados indicó visitar estas instalaciones al menos 4 veces en semana. Este dato podría estar relacionado con la distribución (Figura 1) y condiciones de accesibilidad de estos espacios públicos urbanos. En este sentido, el tiempo aproximado de desplazamiento de los usuarios desde su domicilio hasta la zona de expansión canina más cercana fue de 10,47 minutos de promedio, siendo el desplazamiento mínimo de 1 minuto (dos usuarios) y el máximo de 40 minutos (un usuario).

Figura 3. Actividades practicadas por los usuarios de las ZEC



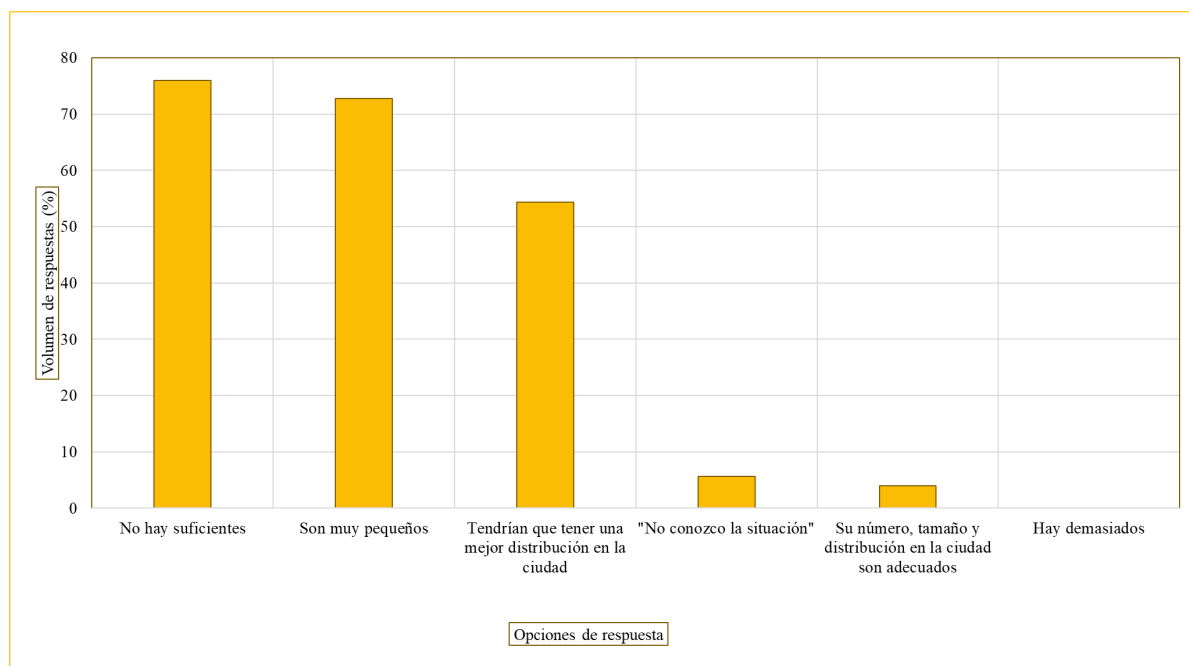
Elaboración propia

3.2. Percepciones y valoraciones de las ZEC por parte de sus usuarios

Para determinar la percepción de las ZEC por parte de sus usuarios se incluyó una pregunta de opción múltiple en el cuestionario con seis posibles respuestas (Figura 4). Una amplia mayoría de los participantes (76%) consideró que no hay suficientes ZEC en la ciudad, mientras que un 72,8% opinó que estas son muy pequeñas.

Además, más de la mitad de los usuarios indicó que estos espacios tendrían que tener una mejor distribución en la ciudad (54,4%). Tal y como refleja la Figura 4, solo un pequeño porcentaje de los encuestados manifestó considerar como óptimos el diseño y distribución de los parques caninos de Granada (4%) y únicamente el 5,6% de los usuarios participantes señaló “no conocer la situación” de las ZEC de la ciudad.

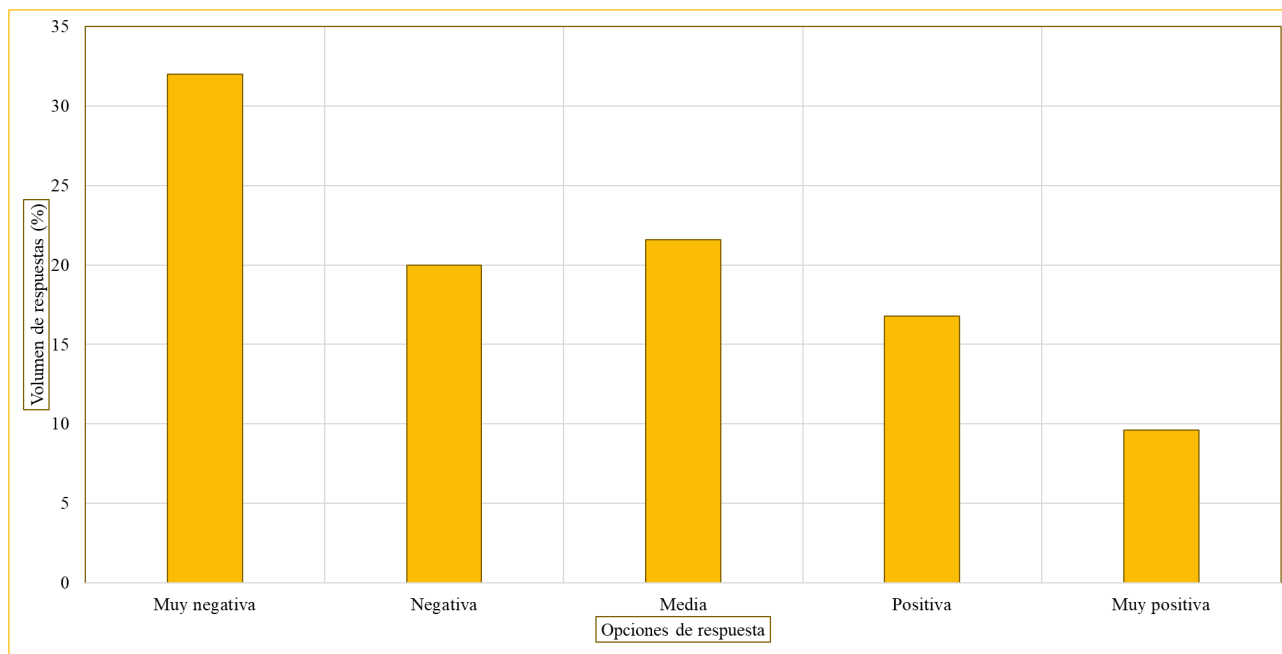
Figura 4. Percepción de las ZEC



Elaboración propia

Por otra parte, se pidió a los usuarios que indicaran su grado de satisfacción con las ZEC (Figura 5). Entre las distintas percepciones, un 52% de los usuarios manifestó una valoración “negativa” o “muy negativa” de estos espacios públicos, mientras que un 26,4% valoró de forma “positiva” o “muy positiva” los parques caninos de Granada. No obstante, se registraron diferencias importantes en las valoraciones de estos espacios dependiendo de cada ZEC; por ejemplo, el Parque Tico Medina, donde se realizó el 30% de las encuestas, tuvo una valoración positiva por encima de la media.

Figura 5. Valoración / grado de satisfacción de los usuarios de las ZEC



Elaboración propia

Para una mejor comprensión de la percepción de las ZEC por parte de sus usuarios, este bloque del cuestionario se completó con dos preguntas de respuesta abierta en las que se pedía a los encuestados indicar los principales aspectos positivos y negativos de los parques para perros. La Tabla 4 muestra una síntesis de las cuestiones más citadas.

Tabla 4. Principales aspectos positivos y negativos de las Zonas de Expansión Canina de acuerdo con sus usuarios (% de usuarios que los refieren)

Aspectos positivos	Aspectos negativos
• Socialización canina: 53,6% • Libertad del perro: 50,4% • Socialización humana: 21,6% • Seguridad: 11,2% • Juego: 10,4% • Ejercitación: 10,4% • Entrenamiento / adiestramiento: 8,8%	• Suciedad: 30,4% • Reducido tamaño: 23,2% • Falta de mantenimiento: 16,8% • Ausencia de fuentes o mal estado: 12,8% • Suelo de grava: 12% • Falta de sombras: 11,2% • Conflictividad entre perros: 8,8% • Presencia de perros peligrosos: 6,4% • Falta de desinfección: 5,6% • Vallas muy bajas: 4,8% • Falta de bancos: 4,8% • Mal olor: 3,2% • Molestias para los vecinos: 3,2%

Elaboración propia

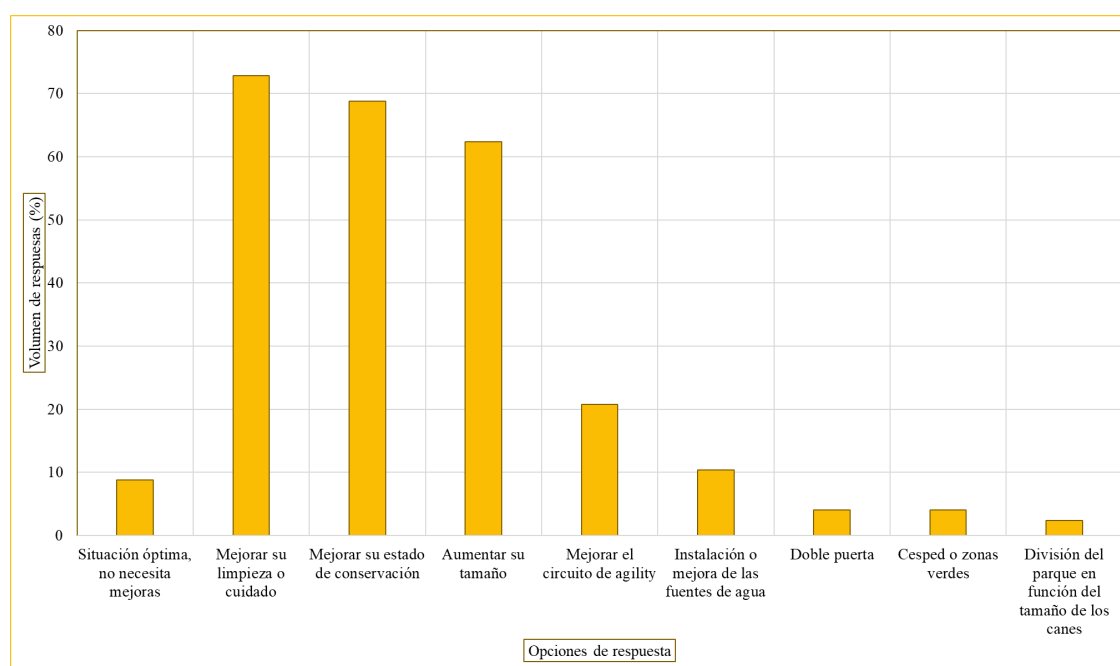
Entre los principales aspectos positivos de las ZEC, de acuerdo con sus usuarios, destacan las oportunidades para la socialización canina que brindan estos espacios (53,6%). Asimismo, más de la mitad de los participantes hizo referencia a los parques caninos como lugares donde el perro puede estar en libertad (50,4%). Destacó también la “socialización humana” como otro aspecto positivo percibido por los usuarios de estos espacios públicos, que con frecuencia se convierten en un lugar de encuentro de personas con intereses comunes (21,6%). Entre otros de los beneficios de las ZEC identificados en el estudio, un 11,2% de los encuestados refirió la seguridad que proporcionan estos espacios para los canes, un 10% citó las posibilidades de juego y ejercitación para los perros y un 8,8% indicó que se trata de espacios idóneos para el entrenamiento o adiestramiento de sus mascotas.

En relación con los puntos negativos de las ZEC, no parece haber un consenso tan amplio como ocurre con el caso de los aspectos positivos. Además, se mencionó una mayor variedad de aspectos negativos que de positivos. Entre los más citados se encuentran la suciedad (30,4%), su reducido tamaño (23,2%) o la falta de mantenimiento (16,8%). La conflictividad entre perros o la presencia de perros potencialmente peligrosos fueron también cuestiones mencionadas por un 15,2% de los usuarios.

3.3. Aspiraciones de los usuarios de las ZEC

Mediante dos preguntas abiertas, el tercer y último bloque del cuestionario tiene como objetivo identificar y caracterizar las aspiraciones de los usuarios de las ZEC. Por un lado, se pidió a los participantes que indicaran propuestas de mejora de la red de parques caninos existente en la ciudad (Figura 6). Entre las sugerencias expuestas por los encuestados, destacan la mejora de la limpieza o cuidado de estos espacios (72,8%), una mayor atención a su estado de conservación por parte del Ayuntamiento (68,8%) y también el aumento de su tamaño (62,4%).

Figura 6. Propuestas de mejora de las ZEC



Elaboración propia

Otras propuestas destacadas fueron la instalación o mejora de las fuentes de agua (10,4%), la creación de un sistema con doble puerta para evitar que los canes se escapen (4%), el establecimiento de zonas verdes en el interior de estos espacios (4%) o la división de la ZEC en distintas áreas en función del tamaño de los perros (2,4%).

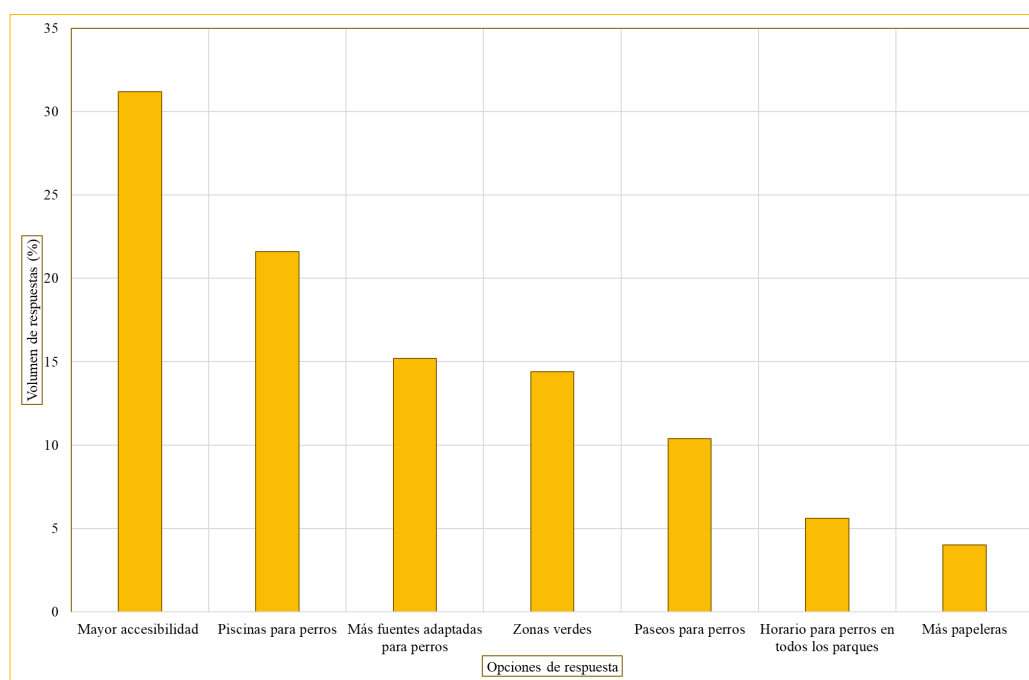
Por otro lado, se invitó a los encuestados a plantear propuestas para la creación de una ciudad más amigable con los perros (*dog-friendly*) más allá de las propias ZEC. Aunque las sugerencias formuladas por los usuarios fueron tan abundantes como imaginativas, la Figura 7 recoge las siete medidas o propuestas más mencionadas en el estudio. Entre ellas destaca la demanda de una mayor accesibilidad general de las mascotas a espacios públicos abiertos, restaurantes, transporte público o centros comerciales (31,2%). Le siguen en

importancia la propuesta de creación de piscinas públicas para perros en la ciudad de Granada (21,6%) o la instalación de más fuentes adaptadas para los canes (15,2%).

Otras propuestas mencionadas para hacer de Granada una ciudad más amigable con los perros fueron la construcción de zonas verdes destinadas a los canes (14,4%), la creación de paseos para perros donde poder caminar o hacer deporte con la mascota suelta (10,4%), el establecimiento de una franja horaria al día en la que se permita dejar a los perros sueltos en los parques no caninos de la ciudad (5,6%) o la instalación de más papeleras donde depositar los excrementos de los canes (4%).

Más allá de las preguntas formuladas en la encuesta (ver formato de cuestionario en la Tabla 1), una parte importante de los encuestados manifestó su deseo de trasladar los resultados de este estudio y, en definitiva, sus aspiraciones y demandas en relación con las ZEC, al Ayuntamiento de Granada. No obstante, esta cuestión no se tuvo en cuenta en la toma de datos, por lo que no es posible cuantificarla, siendo necesaria su consideración efectiva en investigaciones futuras.

Figura 7. Propuestas para la creación de una ciudad más amigable con los perros



Elaboración propia

4. Discusión

Ya en 1984, el reconocido geógrafo Yi-Fu Tuan argumentaba en su libro *“Dominance and Affection: The Making of Pets”* que el cuidado de las mascotas se basa en una combinación de dominación y afecto, mediante la cual los humanos buscan mostrar su poder para “someter las fuerzas indómitas de la naturaleza” (Tuan, 1984, p. 5). Esta combinación de poder y afecto puede observarse en las tendencias hacia la “humanización” de las mascotas, a través de las cuales los humanos prodigan gran amor y atención a sus animales de compañía, mientras simultáneamente los controlan y moldean para su adecuada integración en la sociedad humana. Este autor fue pionero al plantear una concepción de las mascotas como un “grupo social oprimido” al nivel de las minorías étnicas o de la población afroamericana del momento. La publicación de Tuan supone un cambio fundamental en la consideración de los animales de compañía en el marco de la ciencia geográfica que, con el posterior desarrollo de la geografía de los animales, se convierten en un sujeto de estudio cada vez más habitual de esta disciplina (Fox, 2006).

Los parques caninos constituyen una tendencia reciente y en expansión en los países occidentales, actuando como espacios seguros para los dueños de perros y para los propios canes (Ferreira et al., 2017). La revisión de la literatura científica existente muestra que la mayor parte de las investigaciones sobre parques caninos se han desarrollado en Estados Unidos y Canadá (Booth, 2017; Gómez, 2013; Gómez et al., 2017; Harris, 2017; Lee et al., 2009; Rock et al., 2016; Urbanik & Morgan, 2013), siendo escasos los trabajos realizados sobre

ciudades europeas (DuDek-MańkoWSka, 2023; Ferreira et al., 2017; Varga et al., 2022; Włodarczyk, 2021) y, prácticamente inexistentes, las publicaciones científicas que abordan estos espacios en urbes de España.

El presente trabajo constituye una incipiente aproximación al estudio de la percepción social de los parques caninos en España desde el ámbito de la geografía. Los resultados han puesto de manifiesto la diversidad de percepciones existentes entre los usuarios de las ZEC de la ciudad de Granada, si bien se aprecia una demanda casi generalizada de mejora y ampliación de estos espacios. Para una planificación democrática e inclusiva de los paisajes urbanos, acorde a las metas del ODS11, debemos considerar a los perros —y a sus dueños— como agentes fundamentales en los procesos de planificación y gestión de los espacios públicos.

Nuestros resultados muestran similitudes y diferencias respecto a los hallazgos de investigaciones previas. En un estudio similar llevado a cabo por Lee et al. (2009) en parques caninos de Texas y Florida, estos autores observaron que los parques para perros recibían un uso considerable, siendo los lugares más frecuentados en lo que respecta a la provisión de ejercicio al aire libre y socialización para sus perros. En el caso de los parques caninos de Granada, la mayoría de los participantes en nuestro estudio (un 80%) declaró visitar estos espacios públicos urbanos al menos 4 veces en semana. No obstante, mientras que Lee et al. (2009) encontraron un elevado grado de satisfacción con los parques para perros entre sus usuarios, en el caso de la urbe granadina más de la mitad de los encuestados (un 52%) mostró una valoración negativa o muy negativa de estos espacios públicos.

En el caso de las ZEC de Granada, un 21,6% de los usuarios participantes en la investigación señaló como un aspecto muy positivo las oportunidades de socialización con otros usuarios —con intereses comunes— que brindan estos espacios. En esta línea, las percepciones identificadas en nuestro estudio se encuentran en consonancia con los resultados obtenidos por Gómez et al. (2017). En su estudio sobre los parques caninos de Virginia, estos autores subrayan las oportunidades de interacción social con otros propietarios de perros que proporcionan estos espacios públicos, pudiendo fomentar la percepción de cohesión social de los espacios urbanos. La consideración de los parques caninos como espacios de socialización ha sido también puesta de manifiesto por Lee et al. (2009) y por Urbanik y Morgan (2013). Esta última investigación concluye que los parques para perros son vistos como lugares clave para la interacción social, no solo entre los canes, sino también entre los dueños. De acuerdo con este estudio, estos espacios facilitan conexiones entre vecinos y reflejan una creciente conciencia sobre los animales como actores sociales en la ciudad. En la misma línea, el estudio de Chen et al. (2022) explora los beneficios para la salud —tanto humana como canina— que brindan estos espacios públicos, cuestión esta escasamente mencionada por los usuarios de las ZEC de Granada.

Por su parte, la investigación realizada por Ferreira et al. (2017) en los parques caninos de Lisboa revela el potencial de estos espacios como fuente de transmisión de parásitos caninos, lo cual se encuentra en línea con uno de los aspectos negativos percibidos por los participantes de nuestro estudio: la insalubridad y la falta de desinfección de las ZEC.

Además, Urbanik y Morgan (2013) abordan cuestiones perceptuales no exploradas en nuestro estudio, destacando cómo los parques para perros no solo cumplen una función práctica, sino que también tienen un valor simbólico en el imaginario urbano contemporáneo, representando ideas sobre comunidad, interacción social y el lugar de los animales en la vida urbana. Estos autores sostienen que los parques caninos son parte de una identidad urbana emergente que considera a las ciudades como lugares donde los animales son actores importantes. Esto forma parte de una tendencia más amplia hacia un enfoque multiespecie en la planificación urbana. En la línea de las reflexiones planteadas hace décadas por Wolch et al. (1995), conocer las percepciones, necesidades y aspiraciones de los usuarios de los parques caninos resulta fundamental para el desarrollo de teorías urbanas transespecie, así como para la construcción de ciudades más amigables para los perros.

Actualmente se están dando importantes avances en numerosos países. Basta con hacer una búsqueda en internet para comprobar la proliferación de rankings estatales e incluso mundiales sobre ciudades *dog-friendly* (Paladina, 2023). Cabe destacar ejemplos como la creación en 2023 de la primera piscina pública para perros en Francia (Cittone, 2023) o la recientemente anunciada construcción de un cementerio público para mascotas en la ciudad de Málaga (Gómez, 2023); fenómeno este último que, aunque nuevo en España, tiene ya una larga tradición en otros países, situándose su origen a finales del siglo XIX en Estados Unidos (Brandes, 2009). La expansión de equipamientos y servicios como las guarderías para perros o los centros de estética canina, también ejemplifican los avances en la creación de ciudades amigables con este animal de compañía. Granada, por ejemplo, cuenta actualmente con una abundante oferta de residencias caninas (Pereira, 2021). Además, en la construcción de ciudades multiespecie ocupan también un lugar central otras

mascotas como el gato, siendo cada vez más habituales los cafés de gatos (*cat cafés*), objeto de estudio de investigaciones geográficas recientes (Zhao et al., 2024).

Asimismo, el surgimiento de las denominadas “familias multiespecie” ha dado lugar al reciente desarrollo de investigaciones científicas que analizan el papel de las mascotas en el turismo y en la hostelería (Buhalis & Chan, 2023; Marmolejo-Martín et al., 2023; Meng et al., 2024), o su controvertido acceso a espacios públicos de ocio como las playas (Guinness et al., 2020). En este sentido, entre las propuestas planteadas por los usuarios de las ZEC de Granada para la creación de una ciudad más amigable con los perros, destaca la demanda de una mayor accesibilidad al transporte público, a restaurantes y a centros comerciales. También fue una propuesta recurrente la creación de piscinas para perros, lo cual podría estar condicionado por las elevadas temperaturas registradas en la ciudad durante el periodo de realización de las encuestas.

El estudio llevado a cabo por Urbanik y Morgan (2013) muestra cómo los parques caninos generan percepciones contrapuestas, pudiendo convertirse en fuente de conflictos de intereses por la utilización de los espacios públicos urbanos. En la misma línea, Booth (2017) se refiere a los parques para perros como “paisajes controvertidos” debido a la polémica y la diversidad de reacciones que generan, subrayando la importancia de realizar consultas públicas para mitigar los conflictos sociales. La literatura científica revela como otro tipo de espacios públicos dedicados a los canes, como es el caso de las playas para perros, se han convertido también en una cuestión controvertida (Guinness et al., 2020). De acuerdo con los hallazgos de estas investigaciones, para conocer la complejidad real de las percepciones asociadas a los parques caninos, será esencial llevar a cabo estudios más amplios que tengan en cuenta al conjunto de la población y no solo a los usuarios de estos espacios. Además, para una mejor interpretación de los resultados, debe analizarse la influencia de las variables sociodemográficas en las percepciones y aspiraciones de la población usuaria de estos espacios públicos.

En un estudio sobre participación pública en la implementación de políticas de perros sueltos en parques públicos urbanos de Calgary (Canadá), Rock et al. (2016) enfatizan la necesidad de un enfoque de gobernanza colaborativa donde las autoridades municipales trabajen en conjunto con las comunidades para mitigar conflictos potenciales y desarrollar soluciones que satisfagan a todos. En este sentido, la implicación y participación activa de los ayuntamientos —como tomadores de decisiones— en las investigaciones sobre parques caninos podría optimizar la democratización de los procesos de planificación y gestión de los espacios públicos urbanos y contribuir a una reducción de los conflictos potenciales.

La reciente investigación de Jiménez-Caldera et al. (2024) propone el diseño e implementación de herramientas geoinformáticas para facilitar la implicación activa y constante de los usuarios en los procesos de planificación y gestión de los espacios públicos urbanos. En esta línea, mediante el empleo de aplicaciones móviles, sería interesante el diseño y puesta en marcha de un sistema de evaluación continua de las ZEC por parte de sus usuarios, que permita la aportación constante de información sobre el estado de estos espacios públicos, haciendo posible una mejora de la gestión y mantenimiento de los mismos por parte de los ayuntamientos.

5. Conclusiones

Esta investigación representa una primera contribución al estudio geográfico de los parques caninos en España. Los resultados han puesto de manifiesto la elevada frecuencia de uso de estos espacios en la ciudad de Granada y el deseo generalizado de mejora y ampliación de los mismos por parte de sus usuarios. Pese a la enorme afluencia de estos espacios públicos, los participantes en este estudio han mostrado una valoración muy negativa de los mismos, lo que denota la urgente necesidad de actuación por parte de la administración local.

Los parques para perros son un fenómeno muy reciente en España, no encontrándose aun debidamente integrados en la legislación e instrumentos de planeamiento urbano. Su regulación en la actualidad se encuentra, en el mejor de los casos, en las ordenanzas municipales en materia de protección, bienestar y tenencia de animales. Dada la expansión de las familias multiespecie y el avance normativo que representa Ley 7/2023, de Protección de los Derechos y el Bienestar de los Animales en España, es más que previsible que, en los próximos años, sean cada vez más frecuentes los parques para perros en las urbes españolas. Es necesaria, por tanto, una actualización de las normativas urbanísticas acorde a la nueva realidad sociodemográfica y urbana del país. En este sentido, los resultados de la presente investigación pretenden aportar una perspectiva más social y democrática al diseño, planificación y gestión de estos espacios, así como a su efectiva inclusión en los Planes Generales de Ordenación Urbana.

De acuerdo con nuestros resultados, los parques caninos son percibidos como lugares de encuentro y de socialización entre vecinos; es por ello crucial que las ZEC no se conciban y planifiquen únicamente como espacios dedicados al esparcimiento de los perros, sino como componentes clave de la infraestructura urbana, que contribuyan a la cohesión social, a la sostenibilidad y a la integración de los animales en la ciudad. Se trata de un aspecto esencial que debe ser tenido en cuenta en las estrategias de diseño y gestión de estos espacios por parte de los ayuntamientos.

En futuras investigaciones será necesaria una ampliación de la muestra que permita conocer la percepción de los usuarios sobre el resto de Zonas de Expansión Canina de la ciudad, pues en el desarrollo de este trabajo de investigación se han observado importantes diferencias en cuanto a tamaño, estado de conservación y equipamientos de estos espacios públicos, cuestión que puede condicionar la percepción y satisfacción por parte de los usuarios. De la misma forma, sería interesante continuar esta investigación hasta obtener una muestra de encuestados representativa de la totalidad de la población de la ciudad de Granada y no solo de los usuarios de estos espacios, que permita proporcionar información útil a los responsables de la toma de decisiones, con el fin de elaborar políticas y estrategias de planificación y gestión urbana que tengan en cuenta las percepciones y aspiraciones de la ciudadanía sobre unos espacios públicos cada vez más importantes en las ciudades.

Otras líneas de investigación futura deben pasar por el análisis de los patrones espacio-temporales de uso de estos espacios públicos. En el presente estudio la encuesta se llevó a cabo únicamente durante dos meses de verano, siendo necesaria la toma de datos en un periodo más dilatado de tiempo, que permita comprobar si existen diferencias estacionales. Asimismo, explorar la frecuencia de uso de estos espacios a lo largo del tiempo, determinar el número de canes que diariamente visita las distintas ZEC o conocer la afluencia perruna en estos equipamientos públicos en las diferentes horas del día, podría ser una información de enorme utilidad para la adecuada planificación y gestión de los parques para perros en la ciudad de Granada.

Más allá del uso y percepciones sociales de las ZEC, en aras de una planificación y gestión efectiva de los espacios públicos urbanos se deben llevar a cabo investigaciones que permitan conocer si la distribución y superficie que ocupan estos espacios se corresponden con la población canina registrada en los distintos distritos de las urbes. Actualmente, ninguna ordenanza municipal en Andalucía establece unos criterios al respecto. Asimismo, los beneficios para la salud que proporcionan los parques para perros, son aún un ámbito sin explorar por parte de disciplinas como la geografía urbana y la geografía de la salud.

Esta investigación también ha puesto de manifiesto la diversidad de aspiraciones de los propietarios de canes para la creación de una ciudad más amigable con los perros. En este sentido, la expansión de los parques caninos no es más que un paso adelante en el camino hacia la construcción de ciudades multiespecie, donde las ZEC pueden desempeñar un papel esencial en la consecución del ODS 11, actuando como espacios inclusivos que fomenten la interacción entre ciudadanos y que promuevan el bienestar tanto social como animal.

En definitiva, la consolidación de este reciente escenario sociodemográfico, caracterizado por unas ciudades con mayor número de perros que de niños, exige nuevas formas de pensar y planificar las urbes y los espacios públicos urbanos y nos hace plantearnos cuestiones en torno al derecho a la ciudad y los límites de esta nueva y controvertida “ciudadanía animal”. Se espera que los resultados del presente estudio sirvan para abrir novedosas y prometedoras líneas de investigación en el ámbito de la geografía. En España, este nuevo contexto representa una oportunidad única para disciplinas como la geografía de la población, la geografía urbana e incluso la geografía del turismo, que deben empezar a prestar una mayor atención a un fenómeno de creciente interés mediático y científico a escala internacional.

Contribución de autoría

Las/os autoras/es declaran que no existe ningún conflicto de interés con relación a la publicación de este artículo. Las tareas se han distribuido de la siguiente manera: i) José Luis Serrano-Montes ha realizado las tareas de conceptualización, diseño metodológico, recopilación de datos, supervisión del estudio y redacción inicial del manuscrito. ii) Luz María Martín-Delgado se ha encargado de la curación de datos y análisis formal de los mismos, contribuyendo a la redacción del borrador inicial del manuscrito y a la revisión y edición final del mismo. iii) Francisco Javier Rodríguez-Segura se ha ocupado de la validación de los resultados, de la creación de gráficos, mapas y figuras, así como de la revisión crítica y ajustes finales del texto.

Referencias

- Agencia Tributaria (2021). Estadística de los declarantes del IRPF de los mayores municipios por código postal. Renta bruta y Renta Disponible inframunicipal. Gobierno de España.
- Amado, M. P., Santos, C. V., Moura, E. B., & Silva, V. G. (2010). Public participation in sustainable urban planning. *International Journal of Human and Social Sciences*, 5(2), 102-108.
- Ayuntamiento de Granada (s. f.). Sitio Web del Ayuntamiento de Granada. <https://www.granada.org/>
- Ayuntamiento de Málaga (s. f.). Sitio Web del Área de Sostenibilidad Ambiental. <https://medioambiente.malaga.eu/Centro-de-Proteccion-Animal/parques-caninos/>
- Beatley, T. (2011). Biophilic cities: integrating nature into urban design and planning. Island Press. <https://doi.org/10.5822/978-1-59726-986-5>
- Blanc, N. (2003). La place de l'animal dans les politiques urbaines. *Communications*, 74, 159-175. <https://doi.org/10.3406/comm.2003.2134>
- B.O.E. (2023, marzo 29). Ley 7/2023, de 28 de marzo, de protección de los derechos y el bienestar de los animales. Boletín Oficial del Estado, 75, 45618-45671.
- B.O.J.A. (2003, diciembre 10). Ley 11/2003, de 24 de noviembre, de Protección de los Animales. BOJA, 237.
- B.O.J.A. (2021, diciembre 3). Ley 7/2021, de 1 de diciembre, de impulso para la sostenibilidad del territorio de Andalucía. BOJA, 233. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía.
- Booth, A. L. (2017). Dog eat dog world: public consultation and planning on contested landscapes, a case study of dog parks and municipal government. *Community Development Journal*, 52(2), 337-353. <https://doi.org/10.1093/cdj/bsw010>
- B.O.P. (2021, abril 21). Ordenanza municipal reguladora de la tenencia de animales. Boletín Oficial de la Provincia, 74. Ayuntamiento de Granada. <https://onx.la/41a95>
- Brandes, S. (2009). The meaning of American pet cemetery gravestones. *Ethnology: An International Journal of Cultural and Social Anthropology*, 48(2), 99-118.
- Buhalis, D. & Chan, J. (2023). Traveling with pets: designing hospitality services for pet owners/parents and hotel guests. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 35(12), 4217-4237. <https://doi.org/10.1108/IJCHM-10-2022-1192>
- Buller, H. (2013). Animal geographies I. *Progress in Human Geography*, 38(2), 308-318. <https://doi.org/10.1177/0309132513479295>
- Charles, N. (2016). Post-human families? Dog-human relations in the domestic sphere. *Sociological Research Online*, 21(3), 83-94. <https://doi.org/10.5153/sro.3975>
- Chen, S., Wu, Z., Sleipnessm O. R., & Wang, H. (2022). Benefits and conflicts: A systematic review of dog park design and management strategies. *Animals*, 12(17), 2251. <https://doi.org/10.3390/ani12172251>
- Cittone, J. (2023, junio 29). La première piscine pour chiens de France a ouvert près de Bordeaux. *Le Figaro*. <https://www.lefigaro.fr/bordeaux/la-premiere-piscine-pour-chiens-de-france-a-ouvert-pres-de-bordeaux-20230629>
- Coltro, F. L. Z. (2019). Animais e o Planejamento Urbano: Reflexões Sobre o não-humano nas ciudades. *Revista Gestão & Sustentabilidade*, 1(1), 102-115. <https://doi.org/10.36661/2596-142X.2019v1i1.8221>
- Council of Europe (2000). European Landscape Convention. Council of Europe: Florence, Italy.
- DuDek-MańkoWSka, S. (2023). Dog parks in Warsaw – spaces for social integration or subtle isolation?. *Prace i Studia Geograficzne*, 68(3), 85-100. <https://doi.org/10.48128/pisg/2023-68.3-06>
- Fernández Gutiérrez, F. (2003). El paisaje urbano de la ciudad de Granada. *Mediterráneo económico*, (3), 473-502.
- Ferreira, A., Alho, A. M., Otero, D., Gomes, L., Nijse, R., Overgaauw, P. A., & Madeira de Carvalho, L. (2017). Urban dog parks as sources of canine parasites: contamination rates and pet owner behaviours

- in Lisbon, Portugal. *Journal of Environmental and Public Health*, 2017(1), 5984086. <https://doi.org/10.1155/2017/5984086>
- Fletcher, T. & Platt, L. (2018). (Just) a walk with the dog? Animal geographies and negotiating walking spaces. *Social & Cultural Geography*, 19(2), 211-229. <https://doi.org/10.1080/14649365.2016.1274047>
- Fox, R. (2006). Animal behaviours, post-human lives: Everyday negotiations of the animal-human divide in pet-keeping. *Social & Cultural Geography*, 7(4), 525-537. <https://doi.org/10.1080/14649360600825679>
- Galarza, G. (2024). España alcanza ya las seis mascotas por niño: “No hay nacimientos porque las ayudas priorizan a la población en edad de jubilación”. Periódico *El Mundo*. <https://www.elmundo.es/economia/2024/09/28/66f7d8f3fdddf8f5b8b459b.html>
- Gómez, E. (2013). Dog Parks: Benefits, Conflicts, and Suggestions. *Journal of Park & Recreation Administration*, 31(4), 79-91. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/dog-parks-benefits-conflicts-suggestions/docview/1730114326/se-2?accountid=14542>
- Gómez, E. (2023, septiembre 19). Málaga, pionera en crear un cementerio de mascotas municipal ante la “creciente sensibilidad social”. Periódico *El Mundo*. <https://www.elmundo.es/andalucia/2023/09/19/65098ff6e4d4d88f208b45ae.html>
- Gómez, E., Baur, J. W., & Malega, R. (2017). Dog park users: An examination of perceived social capital and perceived neighborhood social cohesion. *Journal of Urban Affairs*, 40(3), 349-369. <http://dx.doi.org/10.1080/07352166.2017.1343634>
- González, L. (2025). Las mascotas superan a los niños, el gran cambio en los hogares españoles: “La tendencia se va a consolidar”. *Rtve Noticias*. <https://www.rtve.es/noticias/20250117/mascotas-superan-ninos-espana-cambio-familiar/16277666.shtml>
- Guinness, S. J., Maguire, G. S., Miller, K. K., & Weston, M. A. (2020). My dog, my beach! Attitudes towards dog management on Victorian beaches. *Australasian Journal of Environmental Management*, 27(3), 329-342. <https://doi.org/10.1080/14486563.2020.1760950>
- Guo, Z., Ren, X., Zhao, J., Jiao, L., & Xu, Y. (2021). Can Pets Replace Children? The Interaction Effect of Pet Attachment and Subjective Socioeconomic Status on Fertility Intention. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 8610. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168610>
- Harris, M. (2017). Responsible Pet Ownership: Dog Parks and Demographic Change in Portland, Oregon[Doctoral Thesis, Portland State University]. PDXScholar. https://pdxscholar.library.pdx.edu/open_access_etds/4151/
- Holderness-Roddam, B. (2020). Dog park design, planning and management. *Australian Planner*, 56(1), 48-57. <https://doi.org/10.1080/07293682.2020.1739092>
- Hovorka, A. J. (2018a). Animal geographies II: Hybridizing. *Progress in Human Geography*, 42(3), 453-462. <https://doi.org/10.1177/0309132517699924>
- Hovorka, A. J. (2018b). Animal geographies III: Species relations of power. *Progress in Human Geography*, 43(4), 749-757. <https://doi.org/10.1177/0309132518775837>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2024). Censo Anual de Población 2021-2024. Instituto Nacional de Estadística.
- Ioja, C. I., Rozyłowicz, L., Pătroescu, M., Niță, M. R., & Vâna, G. O. (2011). Dog walkers' vs. other park visitors' perceptions: The importance of planning sustainable urban parks in Bucharest, Romania. *Landscape and Urban Planning*, 103(1), 74-82. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.06.002>
- Irvine, L. & Cilia, L. (2017). More-than-human families: Pets, people, and practices in multispecies households. *Sociology Compass*, 11(2), e12455. <https://doi.org/10.1111/soc4.12455>
- Jiménez-Caldera, J., Durango-Severiche, G. Y., Pérez-Arévalo, R., Serrano-Montes, J. L., Rodrigo-Comino, J., & Caballero-Calvo, A. (2024). Methodological proposal for the inclusion of citizen participation in the management and planning of urban public spaces. *Cities*, 150, 105008. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105008>

- Jones, M. (2018). Landscape democracy: more than public participation?. In S. Egoz, K. Jørgensen, & D. Ruggeri (Eds), *Defining landscape democracy: A path to spatial justice* (pp. 16-28). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781786438348.00011>
- Kymlicka, W. & Donaldson, S. (2016). Los animales y los límites de la ciudadanía. *Derecho y Humanidades*, 27, 185-210. <https://adnz.uchile.cl/index.php/RDH/article/view/48425>
- Lee, H.-S., Shepley, M., & Chang-Shan, H. (2009). Evaluation of off-leash dog parks in Texas and Florida: A study of use patterns, user satisfaction, and perception. *Landscape and Urban Planning*, 92(3-4), 314-324. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.05.015>
- Marmolejo-Martín, J. A., Moral-Cuadra, S., Aguilar-Rivero, M., & López-Guzmán, T. (2023). Análisis del apego familiar al viajar con mascotas. Una perspectiva desde la demanda turística. *Cuadernos de Turismo*, (51), 1-18. <https://doi.org/10.6018/turismo.571441>
- Martín, J. (2022, mayo 18). La era de los 'perrhijos': así se afianza el modelo de familia multiespecie en un país con más perros que niños. *Rtve Noticias*. <https://www.rtve.es/noticias/20220518/perrhijos-perros-hijos-familias-multiespecie/2346463.shtml>
- Meng, B., Chi, X., Kim, J. J., Kim, G., Quan, W., & Han, H. (2024). Traveling with pets and staying at a pet-friendly hotel: A combination effect of the BRT, TPB, and NAM on consumer behaviors. *International Journal of Hospitality Management*, 120, 103771. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2024.103771>
- M. M., J. (2019, mayo 8). Granada, segunda capital andaluza con más zonas verdes por habitante, pero lejos de lo recomendado por la OMS. *El Independiente de Granada*. <https://acortar.link/dcjY5>
- Muñiz, M. (2023, julio 8). Más perros que hijos menores de 14 años. Así es el boom de los hogares con mascotas: "Dan amor puro a cambio de nada". Periódico *El Mundo*. <https://www.elmundo.es/yodona/lifestyle/2023/07/08/64996c4621efa0a2608b4598.html>
- Paladina, L. (2023, marzo 5). The most friendly dog cities in the world. TrustedHousesitters. <https://www.trustedhousesitters.com/blog/travel/most-friendly-dog-cities-in-the-world/>
- Pereira, C. (2021). Residencias caninas en Granada: un oasis para tus mascotas. Periódico *Granada Digital*. <https://www.granadadigital.es/residencias-caninas-granada-servicios-precios-instalaciones/>
- Philo, C. (1995). Animals, geography and the city: notes on inclusions and exclusions. *Environment and Planning D: Society and Space*, 13, 655-81. <https://doi.org/10.1068/d130655>
- Philo, C. & Wilbert, C. (Eds.) (2000). Animal spaces, beastly places: New geographies of human-animal relations. Routledge.
- Power, E. (2008). Furry families: making a human-dog family through home. *Social & Cultural Geography*, 9(5), 535-555. <https://doi.org/10.1080/14649360802217790>
- Quintero, G. & López, A. (2020). Geografía de los animales. Construcción filosófica de una subdisciplina científica a través de su historia. *Cuadernos de Geografía*, 29(1), 16-31. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.78653>
- RAIA (2023, junio 27). Censo canino. Registro Andaluz de Identificación Animal. Consejería de Consejería de la Presidencia, Interior, Diálogo Social y Simplificación Administrativa, Junta de Andalucía. 20 de diciembre de 2023, de Portal Datos Abiertos, Junta de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/datosabiertos/portal/dataset/registro-andaluz-de-identificacion-animal>
- Robledano Sanz, P. (2024). En España hay 3 millones más de perros que de niños: hay jóvenes que dicen que sale más barato. Periódico *El Español*. <https://acortar.link/BvWxzY>
- Rock, M. J., Degeling, C., Graham, T. M., Toohey, A. M., Rault, D., & McCormack, G. R. (2016). Public engagement and community participation in governing urban parks: A case study in changing and implementing a policy addressing off-leash dogs. *Critical Public Health*, 26(5) 588-601. <http://dx.doi.org/10.1080/09581596.2016.1177635>
- Rodríguez, S. (2022). Granada tiene el triple de hogares con mascotas que con niños. Periódico *Granada Hoy*. https://www.granadahoy.com/granada/Granada-triple-hogares-mascotas-ninos_0_1655234696.html

- Sáez-Olmos, J., Caravaca-Llamas, C., & Molina-Cano, J. (2023). La familia multiespecie: cuestión y reto multidisciplinar. *Aposta. Revista de Ciencias Sociales*, 97, 8-27.
- Sánchez-Martín, Á. (2025). ¿Hay más perros que niños en España? Eso parece, aunque los datos oficiales son parciales y sesgados. Periódico *El País*. <https://elpais.com/espana/2025-02-26/hay-mas-perros-que-ninos-en-espana-no-esta-claro-los-datos-oficiales-son-parciales-y-sesgados.html>
- Sancho Ezquerro, J. C. (2023). ¿Mascotas o miembros de la familia? Nuevas perspectivas en los estudios de parentesco. Análisis de la relación canino-humana en núcleos de convivencia en España. *Antropología Experimental*, 23, 1-14. <https://doi.org/10.17561/rae.v23.7019>
- Serrano-Montes, J. L. & Caballero Calvo, A. (2019). La geografía de los animales: oportunidades y desafíos de un nuevo enfoque para el estudio geográfico de las relaciones entre el ser humano y los animales. *Investigaciones Geográficas*, 99. <https://doi.org/10.14350/riq.59781>
- Srinivasan, K. (2012). The biopolitics of animal being and welfare: dog control and care in the UK and India. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 38(1), 106-119. <https://doi.org/10.1111/j.1475-5661.2012.00501.x>
- Thoren, R. (2018). Co-creating with Animals: Crossing the 'Narrow Abyss of Non comprehension'. *Landscape Review*, 18(1), 22-36. <https://doi.org/10.34900/lr.v18i1.1091>
- Tuan, Y.-F. (1984). *Dominance and affection: The making of pets*. Yale University Press.
- UN DESA (2023). The Sustainable Development Goals Report 2023: Special Edition. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/>
- Uñates Mazo, G. Z., Avendaño Peña, M., Parada Trujillo, A. E., & Quiroz Ospina, I. C. (2024). Dinámicas familiares de parejas sin hijos por elección propia y con mascotas. *Tabula Rasa*, (49), 181-199. <https://doi.org/10.25058/20112742.n49.02>
- Urbanik, J. (2012). *Placing animals: An introduction to the geography of human-animal relations*. Rowman & Littlefield.
- Urbanik, J. & Morgan, M. (2013). A tale of tails: The place of dog parks in the urban imaginary. *Geoforum*, 44, 292-302. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2012.08.001>
- Varga, F., Hrustek, L., Kević, K., & Welle Donker, F. (2022). Urban dog spaces: The openness of dog-related government data in the City of Zagreb, Croatia. *Interdisciplinary Description of Complex Systems: INDECS*, 20(2), 125-135. <https://doi.org/10.7906/indecs.20.2.5>
- Van Patter, L. E. (2023). Toward a more-than-human everyday urbanism: Rhythms and sensoria in the multispecies city. *Annals of the American Association of Geographers*, 113(4), 913-932. <https://doi.org/10.1080/24694452.2022.2134838>
- Volsche, S. (2021). Pet parenting in the United States: Investigating an evolutionary puzzle. *Evolutionary Psychology*, 19(3). <https://doi.org/10.1177/14747049211038297>
- Włodarczyk, J. (2021). "My dog and I, we need the park": More-than-human agency and the emergence of dog parks in Poland, 2015–2020. *cultural geographies*, 28(3), 495-511. <https://doi.org/10.1177/1474474020987249>
- Wolch, J. (2002). Anima Urbis. *Progress in Human Geography*, 26(6), 721-742. <https://doi.org/10.1191/0309132502ph400oa>
- Wolch, J. (1998). Zoöpolis. In J. R. Wolch & J. Emel (Eds.), *Animal geographies: Place, politics, and identity in the nature-culture borderlands* (pp. 119-138). Verso.
- Wolch, J., West, K., & Gaines, T. E. (1995). Transspecies urban theory. *Environment and Planning D: Society and Space*, 13(6), 735-760. <https://doi.org/10.1068/d130735>
- Zhao, Y., Chen, P., & Kong, X. (2024). More than human consumption space: human–animal encounters and relationships in cat cafés in Shanghai. *Social & Cultural Geography*, 25(6), 872-890. <https://doi.org/10.1080/14649365.2023.2206791>

