

Investigaciones Geográficas

Instituto Interuniversitario de Geografía

83



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

Instituto Interuniversitario de Geografía. Universidad de Alicante
Carretera de San Vicente del Raspeig, s/n. 03690, San Vicente del Raspeig - Alicante (España)
Tel.: (34) 965903400 Ext. 3380 – Fax: (34) 965909485
investigacionesgeograficas@ua.es – 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


- Los incendios forestales de más de 100 hectáreas en Andalucía (1988-2020):
caracterización general y análisis de su afección en la provincia de Huelva.....9
Alfonso M. Doctor Cabrera
- Inversiones térmicas y calidad del aire en la montaña cantábrica: estudio de caso
en el valle de Campoo.....37
Francisco Conde-Oria, Domingo F. Rasilla
- Classification of granitic relief in the territory of the Sertão Monumental Geopark Project, Brazil57
*Alexandre Pinheiro de Alcântara, Vanda de Claudino-Sales, João Luis Sampaio Olímpio,
Adriano Luís Heck Simon, Rubson Pinheiro Maia*
- Distribución espacio-temporal de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms a través
de teledetección en laguna La Turbina, Cuba.....75
*Alexey Valero-Jorge, Leslie Hernández-Fernández, Felipe Matos Pupo, Sandra Buján Seoane
Roberto González-De Zayas*
- Protection of vineyards from Zonda wind: Evaluation of forest windbreaks. Mendoza, Argentina.....91
Rodolfo Dematte, Ernesto Gandolfo Raso, Josefina Huespe
- Evaluación de la vulnerabilidad del suelo por erosión hídrica
en la provincia de Manabí (Ecuador) mediante la aplicación de un modelo geoespacial.....109
Isabel Andrade-Carreño, Daniel Delgado, Mirian Guillén Vivas
- ¿Por qué se vacía la Andalucía rural según sus pobladores? Análisis de los factores de
abandono y permanencia desde una perspectiva cualitativa.....129
*Carolina del Valle Ramos, José Antonio Nieto Calmaestra, Remedios Larrubia Vargas
Juan José Natera Rivas*
- Mapeo colaborativo y análisis de la distribución geográfica de la agricultura urbana en Xalapa
(Veracruz), México155
Juan Camilo Fontalvo-Buelvas, María Teresa Pulido Silva, Miguel Ángel Escalona Aguilar, Ina Falfán
- Kraken Urbano Chileno o cómo el Estado Neoliberal creó una megarregión subsidiaria
en el siglo XXI179
*Voltaire Alvarado Peterson, Rodrigo Hidalgo Dattwyler, Federico Arenas Vásquez,
Leonel Pérez-Bustamante*
- Decisiones de movilidad urbana en la ciudad de Bahía Blanca (Argentina):
¿cómo contribuir con el desarrollo sostenible?197
María Andrea Rivero, Gabriela Pesce, Florencia Pedroni
- Conflicto y movimientos sociales en el litoral de la Comunitat Valenciana.....219
José Vicente Sánchez Cabrera, Adrián Ferrandis Martínez
- La apertura disciplinar de la geografía española: un análisis del perfil formativo
del profesorado universitario en geografía.....249
David García-Álvarez, Aida Pinos-Navarrete

ARTÍCULOS
ARTICLES

Los incendios forestales de más de 100 hectáreas en Andalucía (1988-2020): caracterización general y análisis de su afección en la provincia de Huelva

Forest fires over an area of more than 100 hectares in Andalusia (1988-2020): general characterization, and an analysis of their distribution in the province of Huelva

AUTORÍA

Alfonso M. Doctor
Cabrera 

Universidad Pablo de Olavide, España.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.26731>

CITACIÓN

Doctor Cabrera, A. M. (2025). Los incendios forestales de más de 100 hectáreas en Andalucía (1988-2020): caracterización general y análisis de su afección en la provincia de Huelva. *Investigaciones Geográficas*, (83), 9-36. <https://doi.org/10.14198/INGEO.26731>

CORRESPONDENCIA


Alfonso M. Doctor Cabrera (amdoccak@upo.es)

HISTORIA

Recibido: 5 enero 2024
Aceptado: 17 julio 2024
Publicado: 23 enero 2025
(Publicación anticipada: 14 octubre 2024)

TÉRMINOS

© 2025 Alfonso M. Doctor Cabrera

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

Resumen

Los grandes incendios forestales (GIF) han venido ocurriendo históricamente, pero determinadas dinámicas han contribuido a su creciente voracidad, siendo una el cambio climático, pero existiendo otras de carácter territorial.

Se pretende contextualizar en Andalucía y caracterizar en la provincia de Huelva dichos GIF, considerando como tales los iguales o mayores de 100 hectáreas, y estudiando los producidos entre 1988 y 2020, en los que se distinguen varios periodos de comportamiento del fenómeno. Se plantea como hipótesis que determinados usos del suelo favorecen la producción de grandes incendios forestales, mientras que otros son resilientes a ellos. Para comprobarlo, se efectúa un análisis de la distribución de las áreas afectadas a partir de diversas cartografías, entre ellas la de perímetros de incendio —que se evalúa críticamente en el apartado de metodología—, comprobando que se concentran en el eje NW-SE de la provincia, dominado por el eucaliptal. Inversamente, las áreas de predominio de las dehesas de quercus (acompañadas en la Sierra por castaños) han sido poco o nada afectadas. Finalmente, se constata que el progreso a incendios mayores de 2000 hectáreas se relaciona, por su parte, con el viento terral del noroeste muy cálido y fuerte.

En el contexto propuesto por algunos autores de transitar de la era de la extinción a la de gestión del fuego forestal, favoreciendo la resiliencia del paisaje, y dentro del escenario de emergencia climática, se propone en consecuencia redefinir la política forestal tradicional, pues las masas introducidas desde los años cuarenta del s. XX muestran propensión a desarrollar GIF. Ésta es mayor en eucaliptales, lo que aconseja focalizar en ellos la prevención territorial, incluyendo su sustitución, inserción de franjas de usos resilientes, y, en general, una estructura en mosaico del medio. La respuesta de la dehesa frente a GIF, finalmente, la convierte en apropiada para un empleo novedoso y complementario a su función económica, como es la de cortafuegos productivo.

Palabras clave: perímetros de incendio; usos del suelo; repoblaciones forestales; eucaliptales; dehesa; territorios resilientes.

Abstract

Large forest fires (LFF) have occurred historically, but certain dynamics contribute to their increasing voracity. One is climate change, but others are territorial factors.

The aim of this article is to contextualize LFF in Andalusia, and characterize them in the province of Huelva, considering those covering an area of over 100 hectares, and analyzing them between 1988 and 2020, proposing several periods of behavior. It is hypothesized that certain land uses favor the occurrence of large forest fires, while others are resilient to them. In order to verify this, an analysis of the distribution of the burnt areas has been carried out based on several maps, including that of fire perimeters—which is critically evaluated in the methods section—, showing that they are concentrated in the NW-SE fringe of the province, dominated by eucalyptus plantations. Conversely, areas dominated by quercus dehesas (accompanied in the Sierra by chestnut groves) have been affected very little or not at all. Finally, it may be noted that the progression to fires of > 2,000 hectares is also associated with the very warm and strong northwesterly wind.

In the context proposed by some authors to shift away from extinction methods and towards forest fire management, favoring landscape resilience, and within the scenario of climate change, a redefinition of the traditional forestry policy is proposed, because the repopulations introduced since the 1940s reveal a trend in the development of LFF. This is greater in eucalyptus plantations, which makes it advisable to focus on territorial prevention, including their replacement, the insertion of resilient use strips, and, in general, a mosaic structure of the environment. Finally, the resilience of the dehesa against LFF means that it is suitable for a new use to complement its economic function, such as that of a productive firebreak.

Keywords: fire perimeters; land use; reforestation; eucalyptus plantations; dehesa; resilient territories.

1. Introducción

No resulta necesario abundar en el aumento, desde los años sesenta del siglo pasado, de la frecuencia de incendios forestales y de su superficie afectada en el mundo, Europa, especialmente en los estados mediterráneos, y en la Península Ibérica. Dicho aumento no debe llevar a considerar que el fuego forestal es un fenómeno reciente, pues ha estado presente a lo largo de la historia (Gutián, 1999). También el número de grandes incendios (GIF) y su superficie unitaria afectada ha aumentado durante las últimas décadas, igualmente dentro de una presencia histórica constante (Ferreira Leite et al., 2013). Todo ello se debe, en parte, a unos procesos territoriales que numerosos autores (Ferreira Leite et al., 2014; Blas & Lourenço, 2019) han sintetizado como modificación antrópica de los regímenes tradicionales de fuego forestal. Además de ello, no pueden obviarse los efectos del cambio climático (Carnicer et al., 2022): temperaturas más extremas, y mayor irregularidad pluviométrica e incidencia de sequías (Flannigan et al., 2013; Tedim et al., 2013a). Trabajos como el de Fernández-Anez et al. (2021) consideran, en suma, que la modificación de los patrones de frecuencia y severidad de incendios forestales en Europa se debe a la combinación de ambos factores: cambio climático, y de los usos del suelo¹ y su gestión. Estos últimos están relacionados con la ocupación del territorio, incluyendo ciertos parámetros demográficos (principalmente envejecimiento y densidad de población: De Diego et al., 2020), y constituyen el denominado análisis geohistórico de los incendios forestales, desarrollado por Montiel (2013).

La evolución de población y usos del suelo muestra una marcada interdependencia. El éxodo rural a los grandes centros urbanos (que se inicia en los años cincuenta del s. XX, y se acelera en los sesenta: Sevilla, 1979; Nunes et al., 2013), causó la despoblación² y el envejecimiento demográfico³ de numerosos ámbitos rurales. Pérez Díaz & Abellán (2018) señalan que la emigración rural aumentó por la concurrencia de la fuerte caída del empleo agrario y el aumento de su oferta en los centros urbanos y en Europa central. La escasez de trabajadores agrarios que produjo la ola migratoria dió lugar a un aumento de los salarios, que redujo la rentabilidad de las explotaciones serranas⁴. Todo ello dio lugar al abandono del monte y de sus aprovechamientos tradicionales, y cambios en los usos del suelo, especialmente matorralización sin ningún tipo de manejo (Nunes et al., 2013; Asins et al., 2021), acumulándose grandes cantidades de combustible forestal, lo que contribuyó a aumentar tanto la frecuencia de incendio (Lasanta et al., 2020) como la producción de GIF (Bento Gonçalves et al., 2018). En algunas zonas, como el norte de la Sierra de Andújar (Jaén), el proceso se agravó por el acotamiento y transformación a uso cinegético de extensas áreas, lo que supuso la expulsión del ganado⁵, favoreciendo el mismo crecimiento excesivo del matorral, buscado intencionadamente para

1 Moreira et al. (2009) y Carmo et al. (2011) han incidido, dentro de ellos, en la extensión del matorral.

2 Cravidao (1989) hizo también hincapié en la emigración interior, incluyendo la de lugares aislados o poco poblados a las cabeceras municipales.

3 Desde 1970 (Bento Gonçalves et al., 2010, que indican que su impacto es mayor cuanto más minifundista es la estructura de la propiedad).

4 Roux (1973 y 1975) señaló también la mejora de las comunicaciones, que quebró la tradicional autarquía productiva de las áreas de montaña, contribuyendo a la pérdida de competitividad de sus explotaciones frente a las de las zonas llanas.

5 Acerca de la relación actual entre actividad pastoril y fuego forestal, es interesante la interpretación de Vázquez (2020) que señala cómo la imposición a los ganaderos de precios bajos por parte de las grandes cadenas de transformación y distribución está dificultando la viabilidad de su actividad, constituyéndose así en factor de aumento del riesgo.

generar un hábitat más adecuado para las especies venatorias. El aumento del combustible forestal se vio favorecido también, finalmente, por el reemplazo de la leña como fuente de energía en el hogar por el gas y la electricidad. Lourenço (2018) expone el carácter multiplicador del abandono, que incrementa la frecuencia y la superficie afectada por los incendios, lo que genera más abandono todavía, y señala cómo ha producido un aumento de la continuidad horizontal y vertical del combustible, lo que ha retroalimentado el ciclo del fuego, dado lugar a incendios forestales cada vez más intensos, destructivos y difíciles de extinguir.

A todo lo anterior se superpusieron unas políticas públicas y acciones privadas de forestación, iniciadas con anterioridad al proceso de éxodo rural —de hecho, algunos autores establecieron una relación causal entre repoblaciones públicas y emigración (Fonseca & Freire, 2003)—, realizadas con formaciones altamente combustibles, y que abrieron conflictos con la población local por ocupación de montes comunales, conformándose un marco muy favorable al fuego forestal (Groome, 1985, 1988 y 1990). Las repoblaciones masivas, al extender en el monte amplias zonas monoespecíficas y coetáneas de especies muy combustibles —singularmente, el eucalipto, del que España y Portugal llegaron a albergar más de la mitad de su cultivo en el mundo—, fueron aumentando la capacidad del medio de generar incendios forestales incontrolables durante una parte de su recorrido (Lourenço & Bernardino, 2013). Las razones de esta superior peligrosidad son la abundancia y características del combustible acumulado en superficie, la continuidad vertical de los pies de eucalipto y consiguiente fácil transmisión a copas, la estrechez del marco de plantación, y su capacidad para proyectar pavesas a varios kilómetros, multiplicando el número de frentes, y dispersando los recursos de lucha.

Diversos estudios han comprobado esta relación entre repoblaciones monoespecíficas densas, especialmente las de eucalipto, y afección por incendio forestal. Nunes et al. (2013), por ejemplo, situaron los mayores porcentajes de superficie afectada por incendio en los distritos con mayor densidad de ocupación del suelo por ellas. Por el contrario, la afección superficial era baja en los de predominio de la dehesa (Canadas et al., 2014). Doctor (2004), estudiando los GIF producidos en la Sierra Morena onubense, evidenció también, empleando diversos parámetros (producción de grandes incendios, superficie recorrida, formaciones afectadas, velocidad de avance del frente de fuego) la propensión de las especies de repoblación —pino y, sobre todo, eucalipto— a desarrollarlos.

Dentro de este apartado de las políticas públicas, cabe destacar también la aportación de Romero & Senra (2006) acerca de la influencia en la producción de incendios de la Política Agraria Común, concretamente del abandono de cultivos marginales, que habían contribuido históricamente, como pieza básica de la estructura en mosaico de los usos del suelo, a una menor incidencia de GIF.

Algunos autores han hecho incidencia, finalmente, en la carga pastante. Utilizando el número de cabezas de ganado, han identificado correlaciones con la distribución de la frecuencia de incendio forestal, si bien diferentes. Fernandes et al. (2014) establecen una inversa: a más pastoreo, menos incendios. Por el contrario, otros trabajos han comprobado una relación directa entre ganadería y fuego forestal, por el empleo por los ganaderos de quemas del monte para favorecer la regeneración del pasto (Nunes, 2012; Ganteaume et al., 2013), generalmente en el tránsito a las estaciones lluviosas (otoño y primavera) (Doctor, 2004), buscando la producción de abundante pasto fresco mediante la eliminación del matorral y la fertilización a corto plazo que producen las cenizas (Bento Gonçalves et al., 2010). Esta discrepancia acerca de la influencia de la actividad ganadera sobre la producción de incendios se recoge incluso en el seno de un mismo trabajo: Oliveira et al. (2012) establecieron una relación positiva entre densidad de caprino e incendios en Europa suroccidental, y negativa en Turquía, achacando esta última al sobrepastoreo y su consiguiente reducción de la cantidad de combustible fino en el monte.

En síntesis, la crisis socioeconómico-demográfica rural ha producido una transformación de los paisajes tradicionales que ha aumentado la frecuencia de incendios forestales. Bento Gonçalves et al. (2010) se refirieron a ello como una “desestructuração do mundo rural”, o “ruptura das estruturas rurais tradicionais (que) transformou territórios em equilíbrio em territórios dotados de grandes vulnerabilidades”. Fernández-Manso (2020) habla de marginalización, y del paso de comunidades y modelo de alta resiliencia a otro de baja, caracterizado por la matorralización (también Molinero & Alario, 2022) y consiguiente mayor acumulación de combustible y vulnerabilidad frente a incendios. En otra línea explicativa, Rodríguez y Silva et al. (2014) afirmaron que se ha producido una evolución del predominio de los usos productivos tradicionales del monte a una mayor importancia de su función social (provisión de espacios de ocio y servicios ambientales).

En cuanto al concepto de gran incendio, su umbral superficial administrativo ha ido evolucionando (Ferreira Leite et al., 2016). En Portugal, inicialmente se consideraban como tales los mayores de diez hectáreas. Con

el incremento del número de incendios y de su extensión superficial, este límite fue ampliándose a 20, 50, 100 (Moreno et al., 2011; Ferreira Leite et al. 2011/12; Cardil & Molina, 2013; Ganteaume & Jappiot, 2013), 200, 500 (umbral considerado, desde hace bastantes años, por el ministerio español del ramo: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019), 1.000, 10.000 y hasta las 100.000 hectáreas (Yates et al., 2008). Por su parte, Ferreira Leite et al. (2014) afirman que “um incendio de 100 ha e um de 10.000 ha nao se distinguem apenas pela extensao mas pelos processos dinamicos que geram”, por lo que proponen la consideración como grandes de los incendios entre 100-999 hectáreas, muy grandes los de 1.000-9.999, y extremos los de 10.000 o más. Las administraciones de los estados más afectados por el fuego forestal mantienen también diferencias en este umbral, incluyendo en algún caso como parámetro definitorio de gran incendio, en lugar de solo la superficie afectada, la distancia recorrida por el fuego a partir del foco (Ager et al., 2012).

Tampoco en la comunidad científica existe unanimidad a la hora de establecer la dimensión mínima de los GIF. Más aún, la consideración de la superficie afectada como único parámetro para su definición ha sido cuestionada por autores como Tedim et al. (2013a y b), que sostienen que aquilatar la severidad de los incendios solo en función de ella es “simplista”, “limitado” y hasta “inconsistente(s)”, especialmente por ser muy heterogénea la afección de las diferentes subáreas incluidas dentro de los perímetros. Así, se han propuesto otros parámetros. Lourenço (2018) sugiere, secundariamente a la superficie afectada, características como intensidad (o, en general, comportamiento del fuego: Delogu et al., 2012), gravedad (que incluye la severidad⁶, las víctimas mortales y perjuicios producidos, los impactos ecológicos o ecosistémicos, y los socioeconómicos, incluyendo estos últimos los costes de rehabilitación del medio: Tedim et al., 2013a), frecuencia, estacionalidad, y hasta dificultad de la extinción. Por su parte, Ferreira Leite et al. (2011/12) añaden nuevos parámetros como duración, velocidad de propagación —que puede asimilarse a intensidad— y, al igual que Lourenço (2018), la localización geográfica.

La progresiva mayor dificultad para controlar los GIF y, por ende, el aumento de la superficie afectada por ellos, ha hecho, finalmente, que diversos autores hayan identificado la existencia de varias generaciones de incendios forestales, crecientemente extensos, destructivos y difíciles de extinguir, debido a la acumulación de combustible forestal. Rifà y Castellnou propusieron (2007), atendiendo a criterios como disponibilidad de combustible, continuidad del mismo, homogeneidad florística, continuidad vertical, abandono de cultivos, etc, cuatro de estas generaciones para el caso de Cataluña: años 50-60, 70-80, 90-2002, y desde 2003. Posteriormente, Costa et al. (2011) añadieron una quinta generación, y Castellnou una sexta. Para Portugal, Lourenço (2018) considera suficientes solo las cuatro generaciones propuestas por Rifà y Castellnou.

A partir de las aportaciones expuestas, se plantean como objetivos de este trabajo los siguientes:

- Llevar a cabo una revisión crítica de las fuentes estadístico-cartográficas disponibles relativas a grandes incendios forestales.
- Caracterizar los parámetros básicos —frecuencia, envergadura— de los grandes incendios forestales producidos en la provincia de Huelva, encuadrándola en el contexto de los registrados en Andalucía, a cuya escala se estudia la evolución de los GIF y su reparto provincial.
- Estudiar, a nivel de la provincia de Huelva, la distribución de los grandes incendios, y su relación con los usos dominantes del suelo, planteándose como hipótesis de trabajo que dicha matriz de uso tiene una incidencia muy relevante en la evolución a GIF de los focos de fuego, favorecida por aprovechamientos como las repoblaciones forestales (eucaliptales y pinares), y el matorral, mientras que otros usos forestales, como la dehesa, no favorecen este progreso a gran incendio.

Todo ello llena la carencia de un estudio específico sobre los GIF, por separado del conjunto de los incendios. Se pretende también contribuir a ampliar las bases para el estudio territorial de los grandes incendios, como punto de partida para analizar la relación empírica de su distribución en un área amplia, de escala provincial, con factores de origen antrópico, lo que constituirá la fase siguiente de este trabajo.

Se aborda además la temática en una de las provincias españolas con mayor presencia de eucaliptales, lo que le otorga la relevancia de poder anticipar, en función de sus resultados, las consecuencias futuras que puede acarrear su expansión reciente en otras provincias, como es el caso de Asturias.

⁶ Calvo (2020) la define como “grado de afección de la energía producida por el fuego sobre el ecosistema” —distinguiéndola de la intensidad (cantidad de calor producida por el incendio), aunque, a mayor intensidad, mayor severidad—, y señala que la clave de la lucha contra el fuego no es eliminar todos los incendios (lo que es imposible), sino reducir su severidad.

2. Metodología

2.1. Huelva, una provincia marcadamente forestal y muy afectada por grandes incendios

La provincia de Huelva es la que cuenta con más suelo forestal dentro de Andalucía (78,1 % de su superficie, 17,8 % del suelo forestal de toda la Comunidad Autónoma, muy por delante de las dos siguientes, Almería, con un 67,4 %, y Granada, con un 51,1 %). En parte por ello, es la más afectada por GIF, con 247 entre 1968-2020, apreciablemente por delante de las siguientes, Málaga (215) y Jaén (193).

Tabla 1. Evolución de la frecuencia de grandes incendios forestales en Andalucía (1968-2020)

Provincia	GIF (> 100 hectáreas)					
	Total	%	1968-78	%	2014-20	%
Almería	124	9,3	20	6,6	5	8,1
Cádiz	184	13,9	52	17,2	8	13,1
Córdoba	138	10,4	33	10,9	3	4,9
Granada	89	6,7	18	5,9	7	11,4
Huelva	238	18,0	20	6,6	16	26,2
Jaén	193	14,5	59	19,6	5	8,1
Málaga	215	16,2	55	18,2	6	9,8
Sevilla	141	10,6	44	14,6	11	18,0
Andalucía	1.322	100,0	301	100,0	61	100,0

Fuente: Plan de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad Autónoma de Andalucía (INFOCA). Elaboración propia

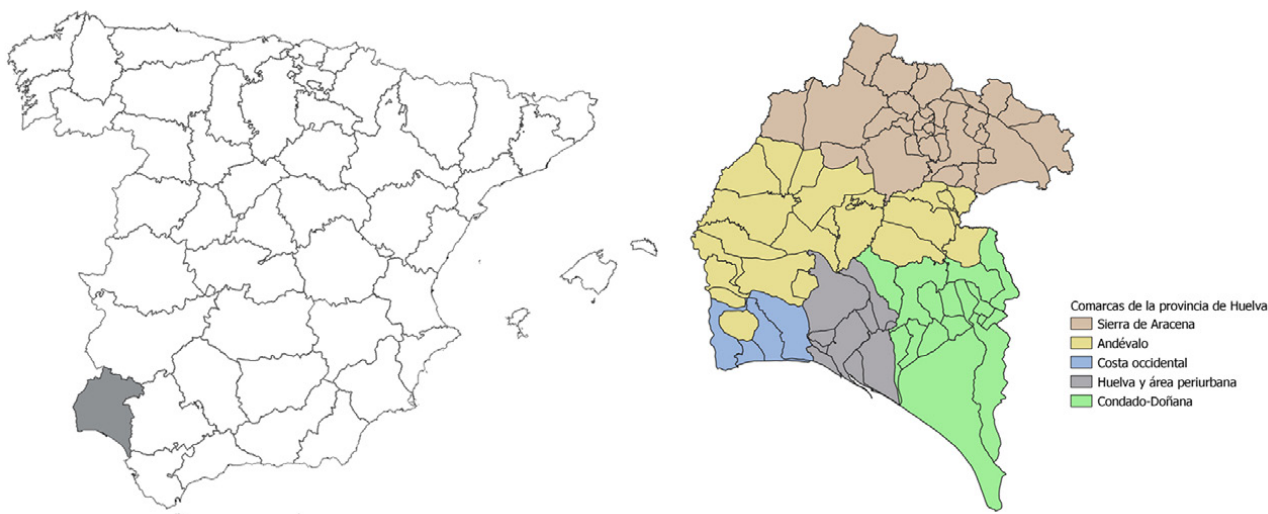
Esta negativa preponderancia no solo se ha mantenido en los últimos años, sino que incluso ha aumentado. Así, Huelva ha pasado de albergar solo el 6,6 % de todos los GIF producidos en Andalucía en los primeros once años de registro oficial (1968-78) al 26,2 % en los últimos siete (2014-20) (tabla 1). Si se considera solo el periodo 2010-20, la provincia onubense sufrió 22 GIF, de nuevo por encima de los 15 de Almería y los 12 de Cádiz, Málaga o Sevilla. Con un 23,6 % del total de grandes incendios acaecidos en Andalucía durante dicho periodo, casi uno de cada cuatro GIF ocurrió en la provincia de Huelva. Por su parte, los valores de afección superficial, estrechamente relacionada con la incidencia de GIF, priorizan también Huelva como el territorio más afectado de Andalucía (Gutiérrez Hernández et al., 2015).

Huelva se sitúa en el extremo sudoeste de la España peninsular. Su base geológica determina las grandes unidades territoriales de la provincia, de norte a sur: la Sierra de Aracena (perteneciente al conjunto de Sierra Morena, y que alcanza los 1055 m de altitud), El Andévalo, y la Tierra Llana, que incluye a su vez las tres subunidades de El Condado-Doñana, Huelva y su área periurbana, y la Costa occidental.

La Sierra es el borde meridional de la Meseta, de roquedo paleozoico en dirección armoricana. El Andévalo no es un sino un sector fuertemente erosionado —y por ello, de menor cota— de la propia Sierra Morena, muy mineralizado por el metamorfismo de contacto que dio lugar a la Faja Pirítica del Suroeste Peninsular, que continúa en Portugal y la provincia de Sevilla, y ha constituido la base de su histórica riqueza minera. En El Condado se asienta una franja de margas azules del Tortoniense, base de su vocación agrícola. Finalmente, la geológicamente dinámica y diversa franja costera incluye cordones dunares (fósiles y vivos), esteros, flechas litorales, marismas y caños mareales, complejos lagunares cerrados por restingas, y acantilados.

Climáticamente, la provincia pertenece al tipo mediterráneo, con máxima media en torno a 30°, y mínima entre 7°-2°, con un gradiente termométrico e higrométrico más fresco y continental hacia el nornordeste. No obstante, la Sierra es, por razones orográficas, mucho más húmeda: 700 mm anuales, y por encima de los 1.000 mm en algunos puntos. El clima del menos elevado Andévalo es más seco, uno de los argumentos que justificó en su día su masiva presencia del eucalipto.

Figura 1. La provincia de Huelva en el contexto de la España peninsular (izquierda), y su división comarcal (derecha)



Elaboración propia

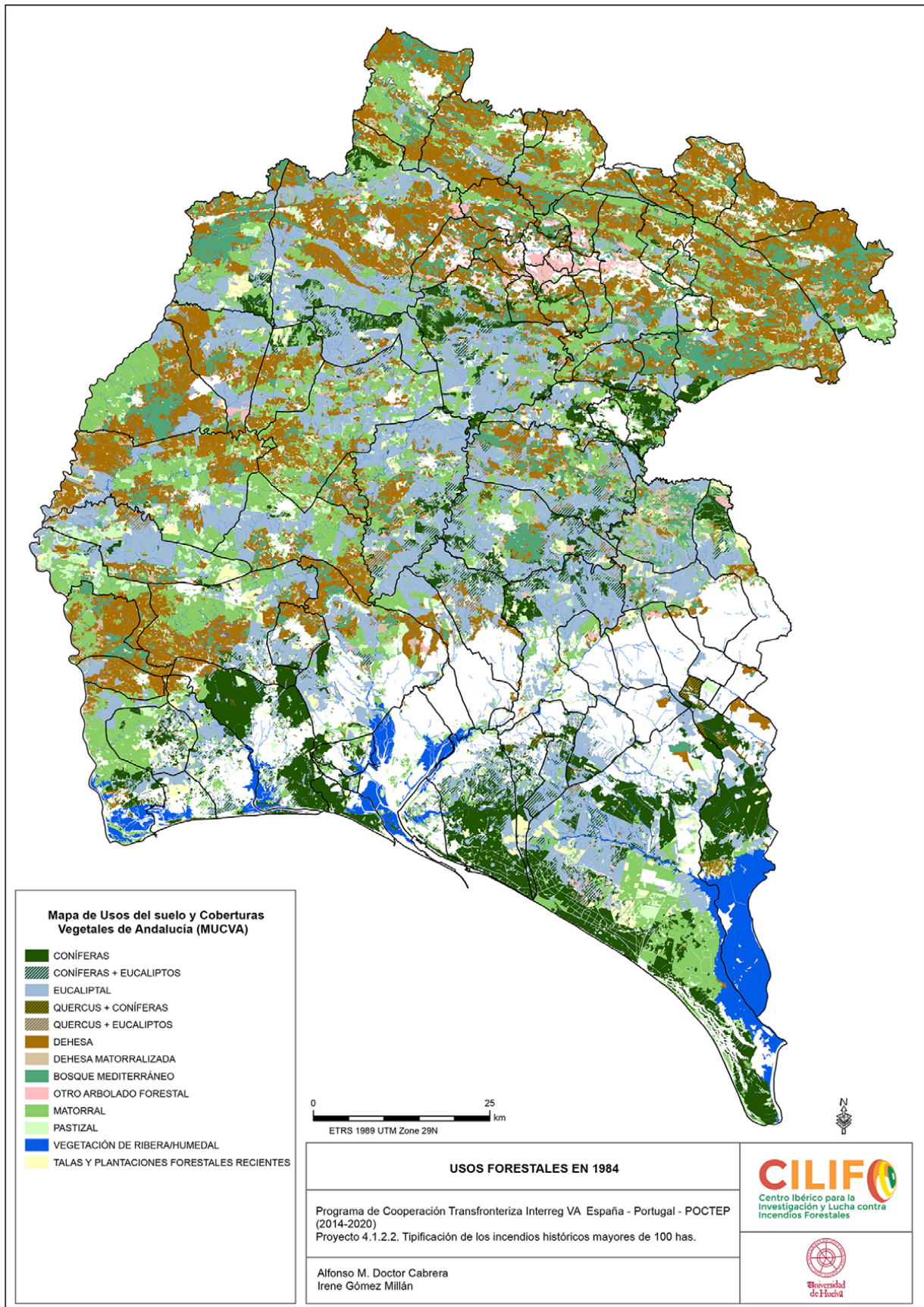
En cuanto a los usos del suelo, en la Sierra predominan los quercus⁷ (figuras 2 y 3), principalmente la encina (*Quercus ilex*) y, en las áreas más húmedas, umbrosas y de suelos silíceos, el alcornoque (*Quercus suber*), con presencia también de coscoja (*Quercus coccifera*) y quejigo (*Quercus faginea*). Donde no se ha adehesado este monte, pervive un variado matorral mediterráneo con algunas especies oceánicas y, junto a los cauces fluviales, un bosque galería de chopo (*Populus nigra*), álamo (*Populus alba*) y fresno (*Fraxinus angustifolia*). Todo ello se completa, en zonas por encima de 600 m, húmedas y de suelos calcáreos, del centro de la Sierra, con castaño (*Castanea sativa*, 5.000 hectáreas en propiedades pequeñas y medianas).

Aunque, como se ha señalado, el clima es más seco en El Andévalo, su vegetación climácica y la extensión de la dehesa son idénticos a la Sierra de Aracena. Se ha tratado históricamente de una comarca muy deforestada, principalmente por la actividad minera (intensa desde mediados del XIX a mediados del XX), las quemadas ganaderas y la agricultura de roza. El impacto de la minería fue triple: elevado consumo de madera para entibado de galerías, para calcinación de la pirita mediante el sistema de teleras, y lluvia ácida que afectó tanto a la vegetación natural como a los cultivos. Esta deforestación justificó una activa política repobladora, de pinares por parte de la administración pública y de eucaliptos por la entonces Empresa Nacional de Celulosa (ENCE), aunque introduciendo éstos también en montes públicos. Asimismo, contribuyeron a ello los acusados latifundismo y absentismo del Andévalo, pues las repoblaciones ofrecían una renta segura por una inversión muy baja o nula en los consorcios, y sin riesgo de conflictividad jornalera, pues los trabajadores eran empleados por el Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) o la Empresa Nacional de Celulosa (ENCE).

En la costa, las repoblaciones de piñonero (*Pinus pinea*) fijaron unos cordones dunares con enebros y un variado sotobosque psamófilo, y ocuparon masivamente el entorno de Doñana (en perjuicio de su climácico alcornoque) en los siglos imperiales de expansión de las flotas mercante y de guerra, con vegetación de ribera ocupando los caños y halófila las marismas. La política repobladora se reactivó en Doñana durante el franquismo, incluyendo la siembra de eucaliptos por ENCE, si bien aquí la Junta de Andalucía los fue sustituyendo vigorosamente, por razones ecológicas, por piñonero.

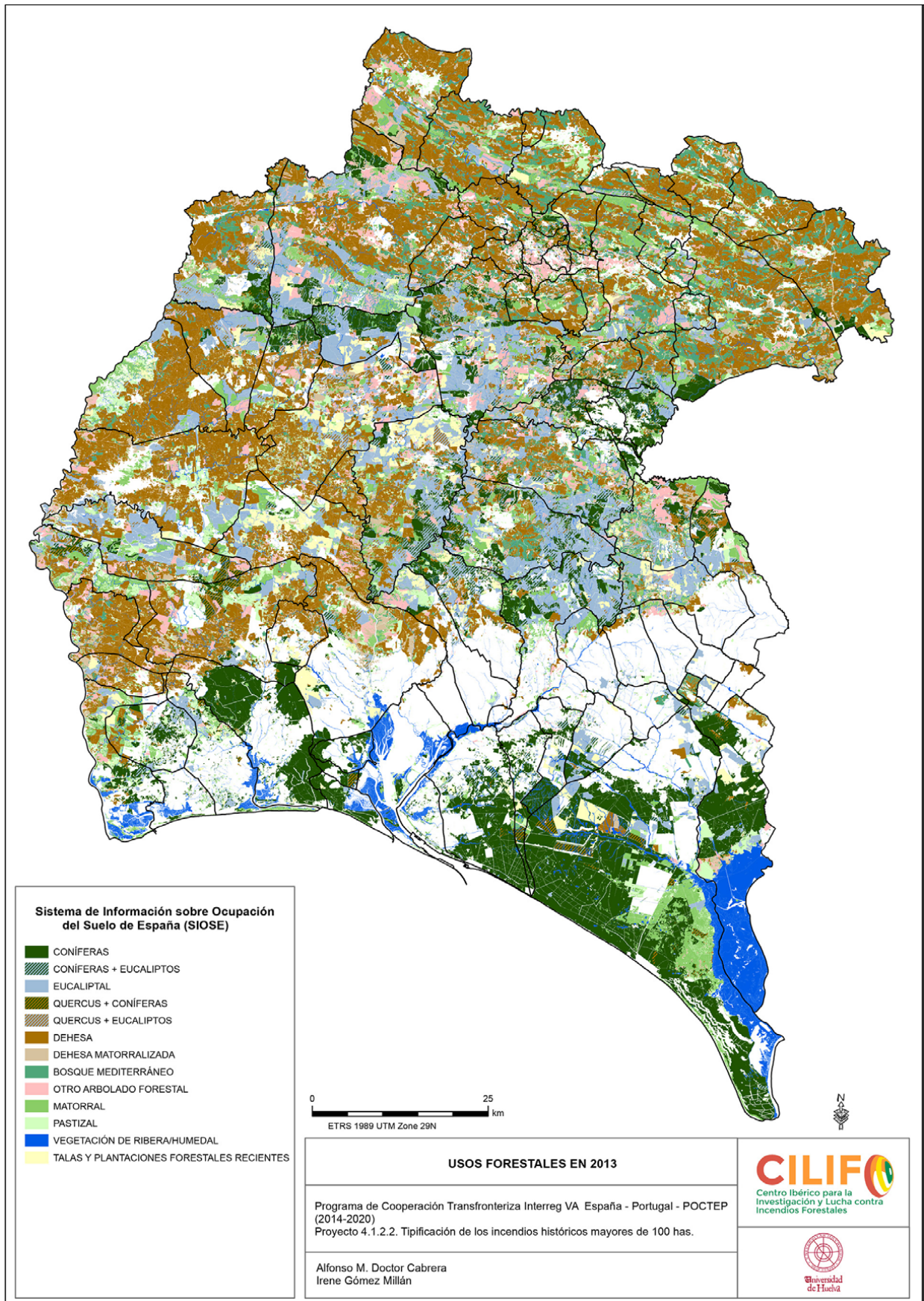
7 No se emplea el término *quercíneas* por tratarse de una voz no admitida por la RAE (<https://dle.rae.es/querc%C3%ADnea>), ni aparecer tampoco en el diccionario panhispánico de dudas de la Fundeu (www.fundeu.es/libro/diccionario-panhispanico-de-dudas). Por ello, aún a sabiendas de su empleo regular por el cuerpo profesional de los ingenieros de montes (similar al término eucaliptar, frente al correcto para la Real Academia eucaliptal), se prefiere no incluir en un artículo científico una voz no admitida, empleando en su lugar *quercus*, que, al tratarse en este caso de un nombre común, y no de una referencia científica a la especie, se escribe con minúscula, en lugar de en cursiva y con inicial en mayúscula como correspondería a un nombre botánico.

Figura 2. Usos forestales en la provincia de Huelva (1984)



Fuentes: Mapa de Usos y Coberturas Vegetales de Andalucía (MUCVA, 1984) y Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE, 2013). Elaboración: Alfonso M. Doctor e Irene Gómez Millán

Figura 3. Usos forestales en la provincia de Huelva (2013)



Fuentes: MUCVA (1984) y SIOSE (2013). Elaboración: Alfonso M. Doctor e Irene Gómez Millán

2.2. Fuentes estadísticas

La focalización de este artículo en los GIF obliga a determinar qué umbral se adopta para diferenciarlos, asunto cuya complejidad ya se ha expuesto en el estado de la cuestión. La amplitud y multidisciplinariedad del equipo de investigación participante en el proyecto del que emanó este trabajo (CILIFO: Centro Ibérico para la Investigación y Lucha contra Incendios Forestales: <https://cilifo.eu/>) obligó a adoptar un criterio en parte convencional, ya que la diversidad de temáticas y objetivos de investigación podrían haber aconsejado emplear umbrales diferentes en cada caso. No obstante, se priorizó, en aras de la transferencia de los resultados a la mejora del sistema de defensa, un límite de carácter operativo, establecido en las 100 hectáreas de superficie afectada, coincidente con el que consideran los analistas del INFOCA (Plan de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad Autónoma de Andalucía, dependiente de la Agencia de Medio Ambiente y Agua, AMAYA), responsable de la lucha contra el fuego en Andalucía y, a la sazón, entidad coordinadora del CILIFO, pero también con propuestas académicas como la de Ferreira Leite et al. (2014).

Aunque puede parecer un límite bajo, un análisis concienzudo de los datos evidencia que no. Como se aprecia en la tabla 2 (que recoge la distribución por tamaño de los incendios en la provincia de Huelva en dos años aleatorios de la fase actual), de haberse empleado uno más habitual, como los de 500 o 1.000 hectáreas, se habría reducido considerablemente el universo de estudio. Ello es así por el alto grado de eficacia del INFOCA, que evidencian datos como la elevada tasa de conatos (incendios que no llegan a alcanzar la hectárea de superficie afectada), del 73,6 % para el conjunto de los dos años considerados (79,3 % en 2010), la de fuegos menores de diez (5,5 %), o la baja de incendios por encima de las 100 (solo cuatro entre ambos años, 1,4 %, y ninguno en 2010) o 1.000 hectáreas (dos, 0,7 %). Por ello, el empleo de umbrales altos, como los citados de 500 o 1.000, tiene sentido en estudios a escala de unidades territoriales mayores (una región completa o conjunto de ellas), pero no de unidades provinciales, como es nuestro caso.

Tabla 2. Distribución por tamaño de incendios forestales en la provincia de Huelva

Tamaño (hectáreas)	2010	%	2019	%
Conatos (< 1)	69	79,3	129	79,3
1-9,9	15	17,2	41	22,5
10-19,9	1	1,1	3	1,6
20-49,9	2	2,2	3	1,6
50-99,9	0	0,0	2	1,0
Umbral adoptado (100 hectáreas)				
100-199,9	0	0,0	2	1,0
200-499,9	0	0,0	0	0,0
500-999,9	0	0,0	0	0,0
1.000-9.999,9	0	0,0	2	1,0
10.000 y más	0	0,0	0	0,0
Total	87	100,0	182	100,0

Fuente: INFOCA. Elaboración propia

Las bases de datos de incendios forestales en la Comunidad Andaluza son dos. En primer lugar, de manera común con el conjunto del Estado, la Estadística General de Incendios Forestales (EGIF), elaborada a partir de los partes de incendio que se empezaron a cumplimentar, en algunas provincias, en 1961 (Montiel, 2013), y de manera generalizada en 1968, coincidiendo con la aprobación de la Ley 81/68 de Incendios Forestales. Sucesivamente, estos partes fueron realizados por el Patrimonio Forestal del Estado (PFE), el ICONA, desde su creación en 1971, y la Junta de Andalucía, a partir de 1984, también sucesivamente a través del Instituto Andaluz de Reforma Agraria (IARA), Agencia de Medio Ambiente (AMA), Consejería de Medio Ambiente (CMA) y, finalmente, INFOCA. Hasta 2009 inclusive, la base de datos recoge la totalidad de los incendios forestales producidos independientemente de su tamaño (36.160). A partir de 2010, INFOCA redujo el

registro excluyendo los denominados conatos (< 1 hectárea), con lo que la base de datos 2010-20 incluye solo 7.916 incendios. En conjunto, se dispone, hasta 2020, de 44.076 incendios.

2.3. Fuentes cartográficas

La cartografía de perímetros de incendio cuenta con datos desde 1975 inclusive, en dos fuentes: el Centro Operativo Regional (COR) del INFOCA, y la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Sorprendentemente, existen discrepancias entre ellas, en primer lugar, en la superficie afectada, con valores distintos para los mismos incendios, especialmente relevante en este trabajo, ya que el criterio adoptado para determinar cuáles son considerados GIF ha sido precisamente la superficie. Incluso dentro de la cartografía del COR, en dos archivos (1975-2013 y 2000-18), hay perímetros que aparecen en el segundo que no lo hacen en el primero. En estos casos, se priorizó la base 2000-18.

Se constataron también discrepancias entre la base de datos excel y las coberturas cartográficas en superficie afectada, que llegan a más de 400 hectáreas (se ofrecen como ejemplo, en la tabla 3, las correspondientes a 1993). En los años hasta 1986 es imposible depurar completamente ambas series cruzando sus datos porque faltan los que permitan confirmar la correspondencia entre parejas, fundamentalmente, la adscripción municipal (no aparece en la base excel hasta 1988, aunque en la EGIF se incluyeron desde 1973, y consignándose además solo uno —cuando no es infrecuente en los GIF que afecten a más de uno—, y no necesariamente el que más lo había sido) y la fecha (idem hasta 1987). Se entiende, de todas formas, que poder retrotraerse a 1988 como año inicial de empleo de la capa de perímetros garantiza un universo suficientemente amplio (33 años). En cuanto a los datos de la base excel, se han utilizado los disponibles desde 1975, lo que también ofrece una serie suficientemente amplia y significativa (46 años).

Tabla 3. Correspondencia entre base de datos excel y cobertura cartográfica de perímetros (1993)

Base de datos Excel			Capa/tabla de perímetros de incendio		
Fecha	Municipios	Sup. (ha)	Fecha	Municipios	Sup. (ha)
13-jun	Beas	20,0	Sin fecha	Beas	209,0
No hay ningún incendio en Trigueros				Beas y Trigueros	525,0
17-jul	Zufre	100,0	17-jul	Zufre	82,4
13-sep	Zufre	0,0	Sin fecha	Zufre	101,0
No aparece ningún incendio en Encinasola, y solo uno en Aroche, pero de solo 1,5 hectáreas.				Encinasola y Aroche	100,7
				Aroche	262,2
				Aroche	125,8
Dos incendios en Cortegana, de 8,0 y 0,0 hectáreas.				Aroche y Cortegana	331,0
31-ago	Villarrasa	2,0	Niebla y Villarrasa	264,7	
4-sep	Niebla	0,2	Niebla	108,4	

Fuente: INFOCA. Elaboración propia

Mención aparte merece la capa de focos, pues algunos de ellos no pudieron situarse fehacientemente, ya que aparecían fuera del perímetro afectado, siempre en incendios anteriores a 2010. Cuando la distancia fue inferior a 1.000 m, se relocalizó el foco en el borde más cercano del perímetro. No obstante, las diferencias resultaron, en ocho casos, superiores al kilómetro, llegando a los 6.450 m. Estos incendios no aparecen en la figura 11, aunque ello no le resta significatividad, ya que se localizan aleatoriamente dentro del conjunto provincial (todos en municipios diferentes), y solo uno de ellos superó las 2.000 hectáreas.

2.4. Método

El carácter introductorio del presente trabajo ha hecho que el análisis estadístico realizado a escala regional haya sido el básico para explorar la gran masa de datos disponible, buscando determinar parámetros en los que focalizar el análisis de los GIF, tales como su evolución temporal —cuyas variaciones permiten evaluar,

al menos parcialmente, la eficacia del dispositivo de defensa, pero también cómo está evolucionando la problemática de los grandes fuegos en un contexto de cambio climático y de abandono del monte y su gestión— y distribución intraanual.

Dicho análisis se ha abordado en dos escalas diferentes, regional y provincial, haciendo más hincapié en la primera en la evolución temporal del fenómeno, y en la onubense en las diferencias espaciales (zonas muy, y zonas poco o nada afectadas por GIF). Por ello, los análisis efectuados en cada caso son, en general, diferentes.

Como ya se aportó en publicaciones anteriores (Doctor, 2004), el análisis de series temporales de incendios forestales en general, y GIF en particular, requiere cierta prevención en el empleo de algunas herramientas estadísticas en los niveles provincial y subregional (caso de Sierra Morena), como, por ejemplo, la superficie ardida anual, cuyo valor se ve muy sesgado por la ocurrencia de incluso un solo evento de grandes dimensiones dentro de series de centenares y hasta —a escala de una región como la andaluza— miles de casos.

Igualmente ocurre con la aplicación de regresiones lineales, que, de suyo, requieren la eliminación de los valores extremos (siendo el incendio de Nerva-Berrocal de 2004 un excelente ejemplo), que en nuestro caso son precisamente el objeto de investigación, y revistiendo los mayores un gran valor explicativo, por lo que no parece adecuado eliminarlos como outliers.

Por otra parte, el refuerzo del INFOCA en el inicio de los noventa introdujo en la serie histórica una cesura bien marcada que hace indebido comparar directamente todos sus años. Por ello, se optó por determinar, en lugar de una tendencia general, las fases de evolución de la problemática de los GIF en Andalucía mediante el empleo de tres parámetros anuales: frecuencia de incendios, frecuencia de grandes incendios, y superficie afectada por el mayor del año.

En el nivel provincial se ha hecho más énfasis en la distribución de los eventos, por lo que ha predominado el análisis cartográfico sobre el estadístico. Dentro del mismo, se evaluó inicialmente la idoneidad de tres opciones de estudio de la distribución de los GIF: incidencia a nivel municipal (valor absoluto de casos por término, proporción de ellos en relación con la superficie municipal total y con la forestal, etc), distribución de los focos, y de las superficies afectadas. En el contexto de intentar relacionar la ocurrencia de grandes incendios con factores territoriales, se priorizó esta última, por su relación con la distribución de los usos dominantes del suelo, sobre la segunda, que no aportó conclusión significativa alguna, ya que la evolución de foco a gran incendio depende, en parte, de la concurrencia de factores meteorológicos puntuales, independientes del lugar de origen del fuego.

Para estudiar esa relación entre áreas afectadas y cobertura vegetal dominante, se individualizaron 29 categorías de uso del suelo afectadas por GIF, de cada una de las cuáles se determinó la superficie afectada mediante superposición del perímetro de cada incendio sobre la cartografía de usos del suelo inmediatamente anterior al fuego. Esos datos se compararon con los porcentajes que cada una de ellas ocupaba en la provincia de Huelva, ponderando las distribuciones de las cinco cartografías de usos del suelo empleadas en este trabajo. Dicha ponderación se efectuó considerando íntegramente las superficies cuyo uso del suelo no varió durante el periodo estudiado, y la media aritmética de las cinco superficies de cada categoría que aparecían con dicho uso en una o varias cartografías, pero no en todas.

A lo largo de esta fase analítica, se advirtió que los mayores eventos tenían un desarrollo muy parecido en cuanto a su dirección, por lo que se realizó un análisis específico sobre esta cuestión, resuelto mediante el trazado de una línea desde el foco al punto del perímetro más alejado de él, ya que la dirección del frente de fuego en eventos que, como los mayores GIF, duran varios días, nunca es constante, sino que va variando según la dirección y fuerza del viento, y la dirección e inclinación de la línea de máxima pendiente. Ello ha permitido individualizar el factor meteorológico concreto que resulta capital para explicar la evolución a megaincendio de ciertos eventos, y el nivel superficial al que su incidencia puede llevarlos.

3. Resultados

3.1. Evolución de la producción de grandes incendios forestales en Andalucía

El fenómeno de los incendios forestales en general, y la producción de GIF en particular, aumentan significativamente desde los años sesenta del siglo pasado. Esto último, objeto del presente artículo, se recoge en la figura 4 y tabla 4, que exponen la evolución del número de GIF en Andalucía y la provincia de Huelva. Tal aumento, y la consiguiente alarma social generada, llevaron posteriormente al Gobierno Andaluz a reforzar el

dispositivo de defensa, mediante el Plan INFOCA, activado en 1985, en desarrollo de la OM de 17/junio/1982 del Plan Básico de Lucha contra Incendios Forestales, que obligaba a elaborar planes provinciales de lucha. No obstante, su incidencia en las cifras de GIF fue escasa, hasta que, en 1993, se inició la profesionalización del dispositivo, incluyendo:

1. La continuidad del personal de los retenes, que pasó de ser contratado en el marco del PER (Plan de Empleo Rural), por periodos cortos (de hasta solo 15 días) a convertirse en fijo discontinuo contratado por cuatro meses.
2. La creación de los Centros de Defensa Forestal (CEDEFO).
3. La especialización del personal técnico y de guardería forestal.

Estas medidas supusieron una reducción notable del número de GIF, que había llegado a 97 eventos en 1985, y desde 1995 nunca ha pasado de los 29 de 2003. Ese año, además, los contratos del personal de retenes se ampliaron, sin perder su condición de fijos discontinuos, a ocho meses, cuatro dedicados a la extinción propiamente dicha y cuatro a labores de prevención, especialmente apertura y mantenimiento de líneas cortafuegos.

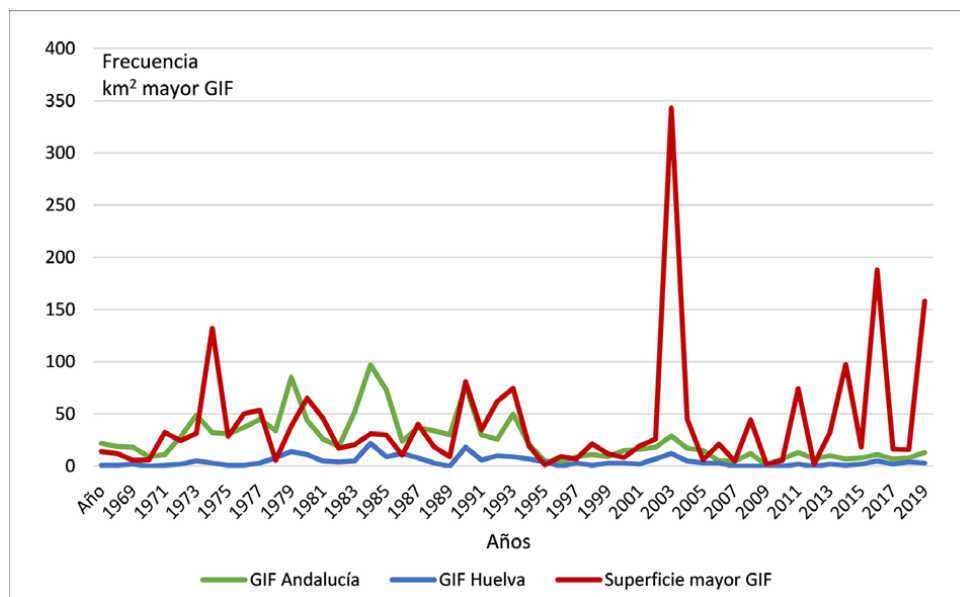
La tabla y figura 4 incorporan también la superficie afectada por el mayor GIF de cada año en Andalucía, observándose el impacto del gran incendio de Nerva-Berrocal (2004), el mayor jamás registrado en la Comunidad Autónoma, y, a partir de 2009, cómo la superficie del mayor GIF va aumentando progresivamente, dentro de una secuencia de un incendio de grandes dimensiones cada uno o dos años, incluyendo otro particularmente notable como el de Las Peñuelas-Doñana occidental, en 2017 (18.766,9 hectáreas). Que ambos grandes incendios se produjeran en la provincia de Huelva refuerza la importancia otorgada a ella como ámbito más adecuado para la investigación sobre fuego forestal en Andalucía.

En la figura 5, finalmente, se representa mediante puntos la superficie de cada GIF. Lógicamente, los de menos extensión, que son la mayoría, se agrupan en la parte baja del gráfico, conformando su agrupamiento una línea vertical y, por encima de ella, los mayores fuegos, ya individualizados como puntos. Se advierte de nuevo el efecto beneficioso de la profesionalización del sistema de defensa, apreciándose como las líneas formadas por la mayoría de los GIF, de menor superficie afectada, se acortan significativamente. También son menos los puntos que superan las citadas líneas, aunque su altura (superficie) tiende al aumento.

Como resultado del análisis efectuado, pueden distinguirse cuatro periodos de comportamiento en la serie correspondiente al conjunto de Andalucía:

- 1º) 1968-74: pocos GIF, aunque aumentando poco a poco su frecuencia, y relativamente pequeños para la escala que posteriormente adquirirán.
- 2º) 1975-94: aumento del número de incendios, en ciclos con picos de la frecuencia de GIF cada 5-6 años (vid. figura 4).

Figura 4. Evolución de la frecuencia de GIF y del valor de los eventos extremos de cada año (1968-2020)



Fuente: INFOCA. Elaboración propia

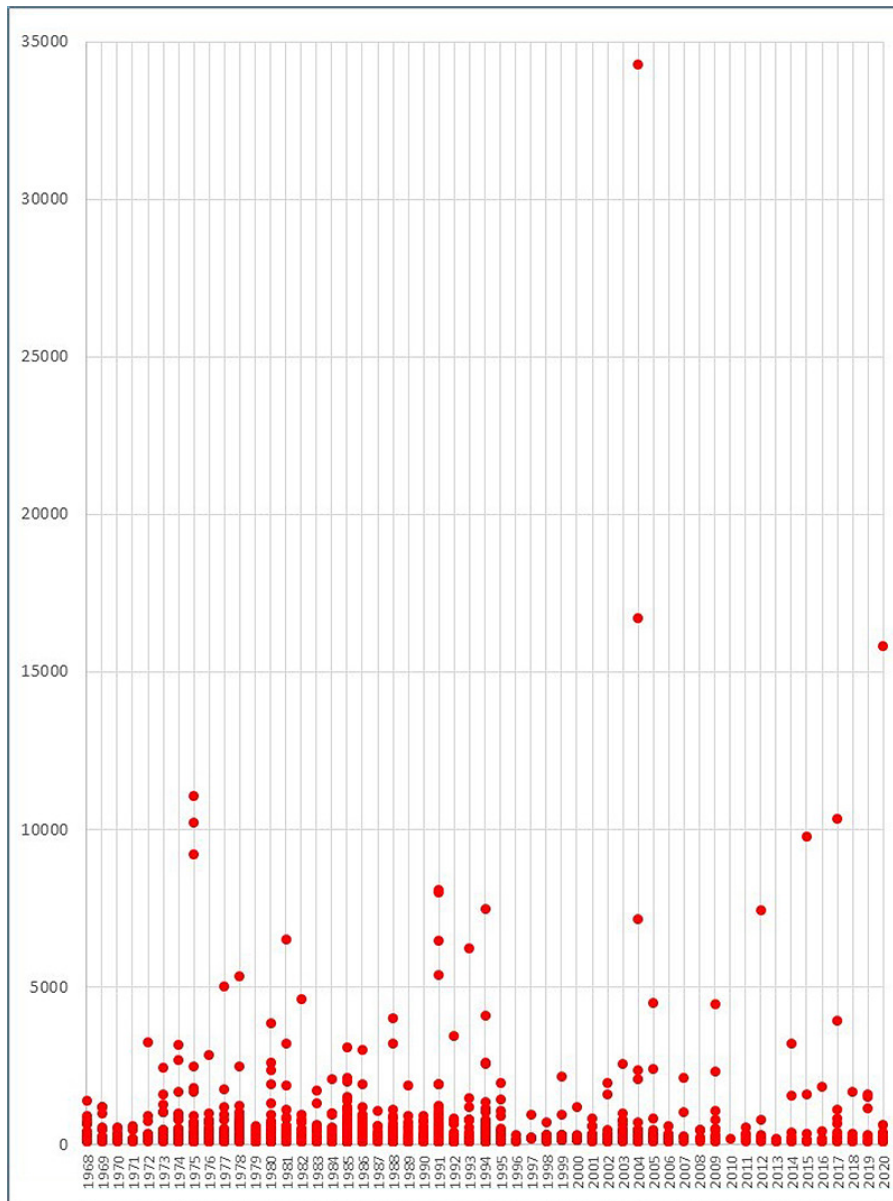
Tabla 4. Evolución de la frecuencia anual de GIF (1968-2020)

Año	GIF Andalucía	Provincia de Huelva	Resto de Andalucía	Has mayor incendio
1968	22	1	21	1.400,0
1969	19	1	18	1.200,0
1970	18	2	16	564,0
1971	9	0	9	600,0
1972	11	1	10	3.227,0
1973	28	2	26	2.443,3
1974	49	5	44	3.159,0
1975	32	3	29	13.213,0
1976	31	1	30	2.845,0
1977	37	1	36	5.025,0
1978	45	3	42	5.359,5
1979	34	8	26	569,0
1980	85	14	71	3.845,0
1981	44	11	33	6.520,0
1982	26	5	21	4.600,0
1983	19	4	15	1.717,0
1984	52	5	47	2.060,0
1985	97	22	75	3.090,0
1986	73	9	64	3.000,0
1987	24	12	12	1.050,0
1988	37	8	29	4.000,0
1989	34	3	31	1.875,0
1990	30	0	30	900,0
1991	77	18	59	8.074,0
1992	30	6	24	3.470,0
1993	26	10	16	6.222,7
1994	50	9	41	7.459,0
1995	21	7	14	1.943,0
1996	5	4	1	128,0
1997	4	0	4	938,4
1998	9	3	6	707,0
1999	11	1	10	2.147,9
2000	9	3	6	1.190,0
2001	15	3	12	836,0
2002	16	2	14	1.937,9
2003	18	7	11	2.590,0
2004	29	12	17	34.308,5
2005	17	5	12	4.506,5
2006	15	3	12	600,4
2007	5	3	2	2.122,7
2008	5	0	5	474,7
2009	12	0	12	4.444,2
2010	1	0	1	186,7
2011	7	0	7	542,1
2012	13	2	11	7.427,4
2013	7	0	7	176,6
2014	10	2	8	3.212,6
2015	7	1	6	9.756,7
2016	8	2	6	1.829,0
2017	11	5	6	18.766,9
2018	7	2	5	1.628,4
2019	8	4	4	1.574,5
2020	13	3	10	15.812,0

Fuente: INFOCA. Elaboración propia

- 3º) 1995-2003: la profesionalización del INFOCA reduce la frecuencia y tamaño de los GIF, incluyendo los mayores.
- 4º) Desde el gran incendio de 2004 en Nerva-Minas de Riotinto-Berrocal, que marca un cambio de tendencia: continuación del periodo anterior de pocos GIF y tamaño bajo o no demasiado alto, con casos puntuales de muy elevada afección. Estos GIF mayores y más destructivos —que son realmente pocos— muestran, desde 2009, una tendencia creciente, y un ciclo o periodo de retorno muy corto (2-3 años), aunque sin llegar a la extraordinaria envergadura del de 2004.

Figura 5. Superficie afectada por los eventos de GIF en Andalucía (1968-2020)



Fuente: INFOCA. Elaboración propia

3.2. Los grandes incendios forestales en la provincia de Huelva: distribución y características básicas

La distribución a lo largo del año de los GIF registrados en Huelva (tabla 5 y figura 6) se representa en valores porcentuales para poder compararla con la de la totalidad de los incendios habidos en la provincia en el mismo periodo (1968-2019). Puede observarse cómo los GIF tienden a la concentración estival de manera más marcada que el total de fuegos, con picos respectivos en agosto del 35,3 % y del 22,8 %. Ello se debe a las propias causas que hacen que un foco pueda llegar a evolucionar a gran incendio, que son básicamente

tres: tipo y estructura del combustible forestal, condiciones meteorológicas de sequía y alta temperatura y, como se expondrá más adelante para el caso de los mayores GIF (superiores a las 2.000 hectáreas), unas condiciones atmosféricas concretas que generan el paso por la provincia de viento terral muy cálido y seco procedente del noroeste. Así, mientras la primera es, en términos estadísticos, fija a lo largo del año, las dos siguientes son propias del verano, lo que determina que la época de concentración de GIF sea bastante más pronunciada: 78,8 % de ellos entre julio y agosto.

Se han distinguido, en tabla y figura, dos subperiodos, señalados en la segunda en trazo más fino, hasta 1999 y de 2000 en adelante. Se aprecia cómo, mientras la distribución intraanual de todos los incendios ha tendido a expandirse (los invernales, por ejemplo, pasaron de representar el 2,7 % al 9,5 %), la de los GIF elevó su pico estival, pasando los sucedidos en julio-agosto del 66,8 % al 78,8 % del total, muestra de que, fuera de ese periodo más seco y caluroso, los servicios de defensa son capaces de minimizar la progresión de focos a gran incendio.

Como se señaló en el apartado metodológico, la distribución espacial de los GIF puede abordarse estudiando los focos (su producción) o la superficie afectada (su avance). En cuanto a la primera (figura 7), se aprecia en la provincia de Huelva su concentración en el eje NNW-SSE que la cruza la Sierra y El Andévalo desde Aroche a Niebla, incluyendo Aracena y el caso aislado de Cumbres Mayores, con siete o más grandes incendios por término. Esta área coincide, a grandes rasgos, con la dominada por el eucaliptal entre las repoblaciones de Aroche y Niebla. Por el contrario, diversas zonas de la provincia no han sido afectadas por GIF o lo han sido de manera marginal (solo un caso). En algunas, por el predominio de los usos agrícola (El Condado) o urbano (Huelva, o el extremo fronterizo de la Costa occidental: Ayamonte e Isla Cristina). Pero se encuentran también casos de áreas de matriz marcadamente forestal, como el extremo occidental de El Andévalo y el corazón de la Sierra de Aracena (de Jabugo a Los Marines en sentido longitudinal, y de Cortelazor a Linares en el latitudinal). Es más, si se considera la dicotomía interna de Aracena, cuya mitad sur ha sido la afectada por GIF, coincidiendo con la presencia de eucaliptales, dicha zona libre o poco afectada por grandes incendios puede extenderse hasta Arroyomolinos, Cala e Higuera. Estas áreas están dominadas por dehesas de quercus y castaños, en la Sierra de Aracena, y la dehesa en el Andévalo occidental, con la excepción de la franja este-oeste de eucalipto que corre entre El Almendro y Alosno.

La segunda opción es estudiar la afección superficial producida por GIF. Las figuras 8 y 9 (esta segunda con más detalle, al recoger los perímetros efectivamente afectados por grandes incendios, en lugar de las medias municipales) evidencian de nuevo cómo los mayores fuegos y su afección se concentran en el citado eje NW-SE. Como áreas secundarias, aparecen el sur de Moguer (montes públicos repoblados con pino piñonero), la confluencia de los municipios de Rosal de la Frontera, Aroche, Santa Bárbara de Casa y Cabezas Rubias —montes repoblados de pinar y eucaliptal—, la frontera septentrional entre Trigueros y Beas, parte de Valverde del Camino (en ambos casos eucaliptales hasta la cartografía de usos de 2007, aunque actualmente bastante reducidos, en parte por su sustitución por pinar, pero también por matorral), y el área entre el norte de Nerva el sudoeste de Zufre. Fuera de las zonas citadas, los grandes incendios no se producen, son pocos o alcanzan proporciones menores.

Hay que recordar que, en la provincia de Huelva, la mayor parte de los usos forestales obedecen a acciones antrópicas, más o menos seculares. Entre las primeras se encuentra, en primer lugar, la extensión de la dehesa. También son de origen antiguo —en su caso, medieval— los castaños de la Sierra de Aracena. Finalmente, la vocación ganadera de la Sierra-Andévalo (relacionada con la pobreza agrológica de sus suelos, excepto en los fondos de valle) ha estimulado, y precisamente muy a menudo mediante el uso del fuego, la apertura y mantenimiento, por parte de los pastores, de manchas de pastizal. De tal manera éste era antes muy dominante en el Andévalo, especialmente en su sector central. Más modernamente, la acción privada extendió los eucaliptales en amplias zonas de la provincia (Doctor, 2020).

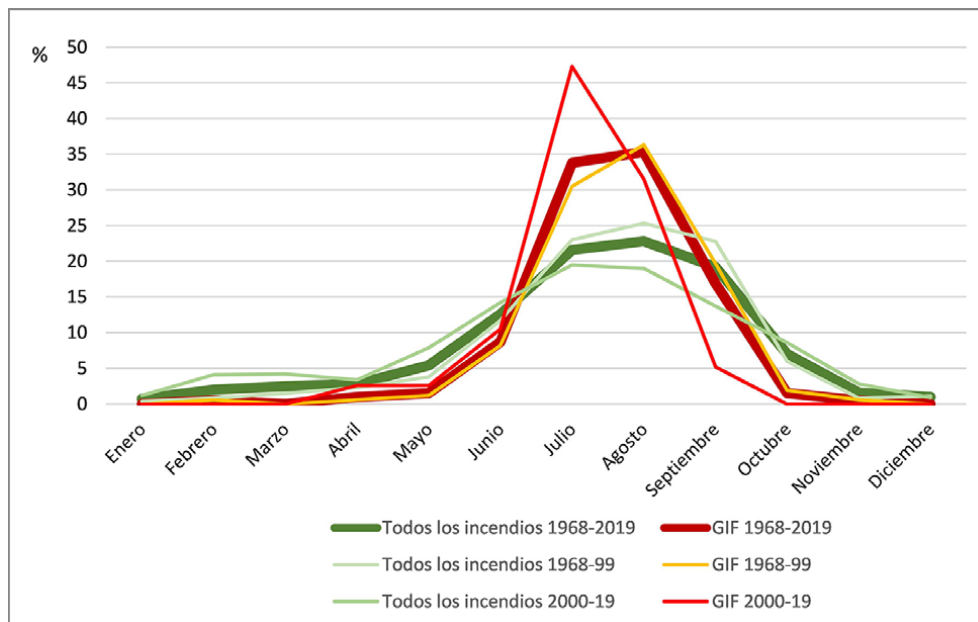
En la tabla 6 se cuantifican los usos del suelo recorridos por GIF en la provincia de Huelva, comparando su superficie afectada— resultado de cruzar el mapa de la figura 9 con las cartografías de usos del suelo— con la existente de cada uno de dichos usos en la totalidad de la provincia. Como quiera que el periodo de estudio es amplio, y los usos del suelo han cambiado a lo largo del mismo, se han ponderado dichas superficies según se indicó en el apartado metodológico. Los resultados se representan en la figura 10, que muestra, por debajo de la diagonal teórica de equidistribución (en la que el porcentaje de superficie ocupada por cada uso del suelo equivaliera al porcentaje de su afección por GIF en relación con el total provincial), los usos del suelo más proclives a desarrollar grandes incendios, señalados en rojo, siendo mayor su propensión cuanto más alejados de dicha diagonal. Por el contrario, los usos no favorecedores de GIF —en verde— se sitúan por encima de la línea de equidistribución, con idéntica mayor resiliencia cuanto mayor distancia a ella.

Tabla 5. Distribución porcentual de la ocurrencia de GIF a lo largo del año (provincia de Huelva, 1968-2019)

Mes	1968-2019		1968-99		2000-19	
	Todos los incendios	GIF	Todos los incendios	GIF	Todos los incendios	GIF
Enero	0,7	0,0	0,4	0,0	1,2	0,0
Febrero	2,0	0,5	0,8	0,6	4,1	0,0
Marzo	2,5	0,0	1,5	0,0	4,2	0,0
Abril	2,8	1,0	2,3	0,6	3,4	2,6
Mayo	5,4	1,5	3,8	1,2	7,9	2,6
Junio	12,6	8,7	11,7	8,2	14,2	10,5
Julio	21,6	33,8	23,0	30,5	19,5	47,3
Agosto	22,8	35,3	25,3	36,3	19,0	31,5
Septiembre	19,2	16,9	22,8	19,7	13,7	5,2
Octubre	7,0	1,5	6,0	1,9	8,6	0,0
Noviembre	1,6	0,5	0,8	0,6	2,8	0,0
Diciembre	1,0	0,0	1,1	0,0	0,9	0,0

Fuente: INFOCA. Elaboración propia

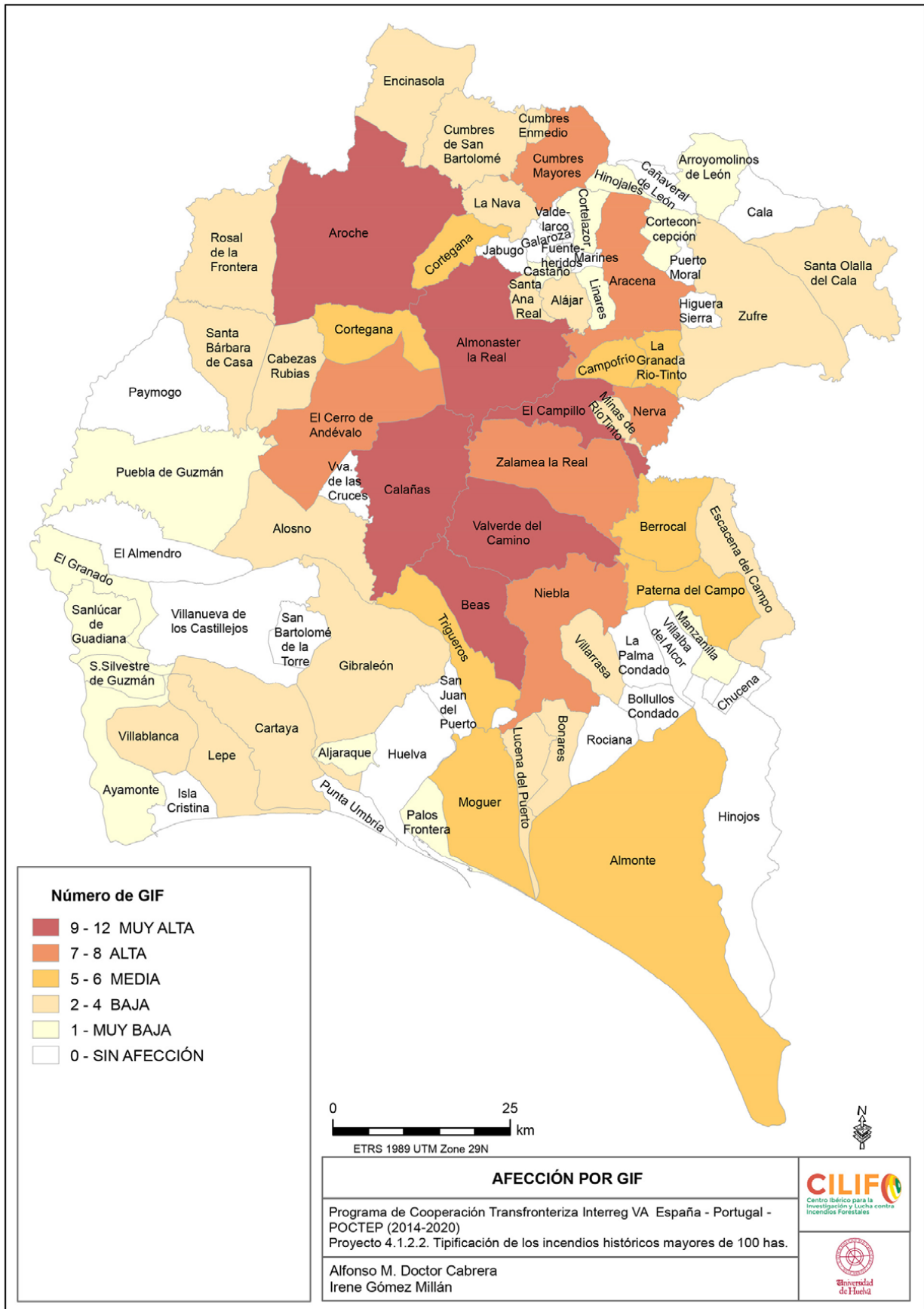
Figura 6. Distribución porcentual de la ocurrencia de GIF a lo largo del año (provincia de Huelva, 1968-2019)



Fuente: INFOCA. Elaboración propia

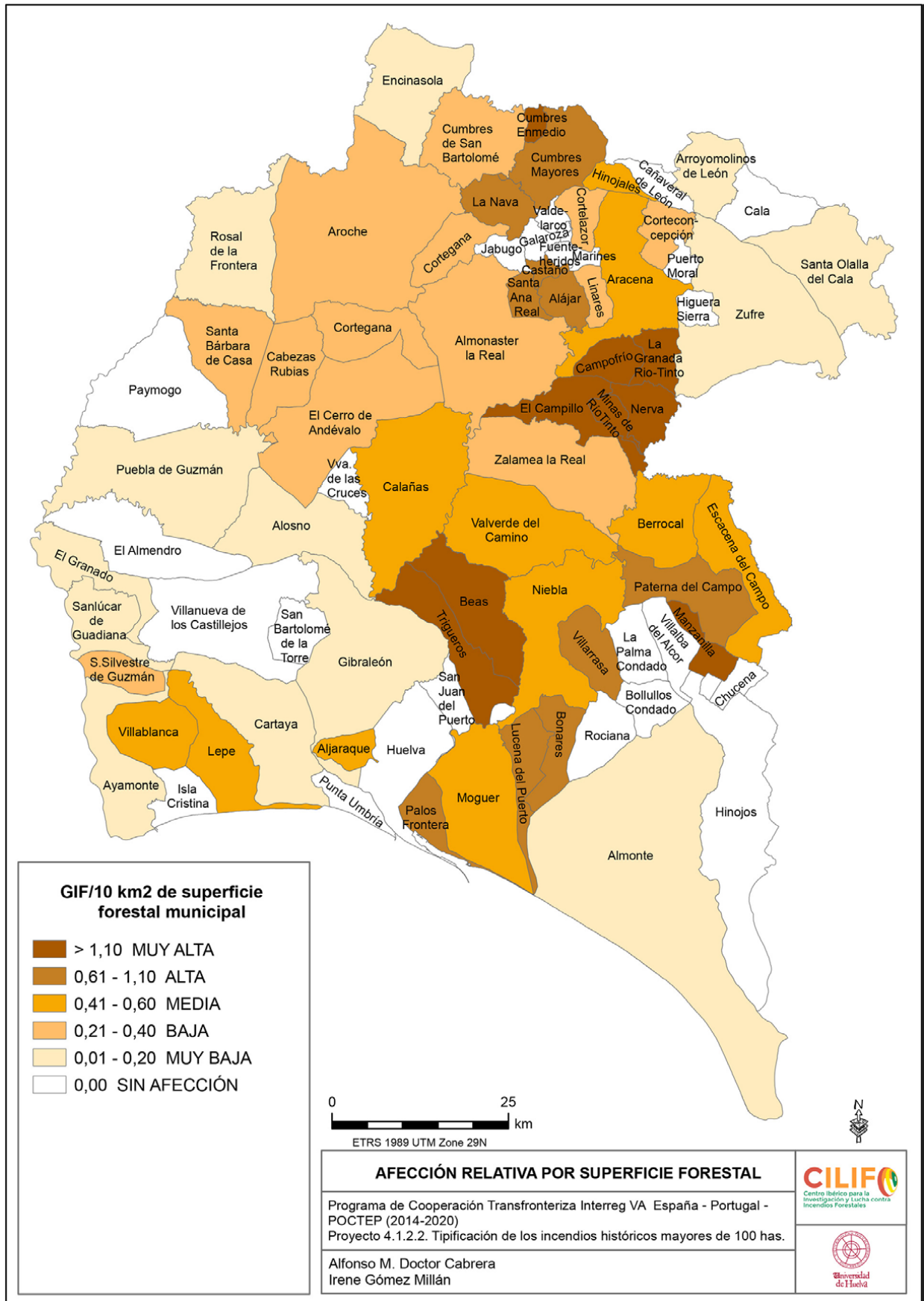
La formación más afectada fueron los eucaliptales (33,5 %, apreciablemente por encima de los demás usos del suelo), una formación que genera una alta intensidad calorífica en el frente de fuego debido a la máxima homogeneidad de sus masas y su bajo marco de plantación —al tratarse de arbolado productivo—, la morfología del árbol (ramas que arrancan casi a nivel del suelo, lo que facilita sobremanera la transmisión a copas), y la acumulación de mucho material fino en superficie. Las coníferas (con preponderancia en la provincia del pino piñonero, *Pinus pinea*) son otra formación muy afectada por GIF: 19,0 % de la superficie total. Las talas y plantaciones forestales recientes son, finalmente, otro uso de repoblación muy afectado. La tercera formación más castigada por GIF es el matorral, en su caso una formación natural, si bien en ocasiones favorecida por la sucesión de incendios frecuentes, que da lugar a densos jarales.

Figura 7. Frecuencia de GIF por municipio en la provincia de Huelva (1988-2020)



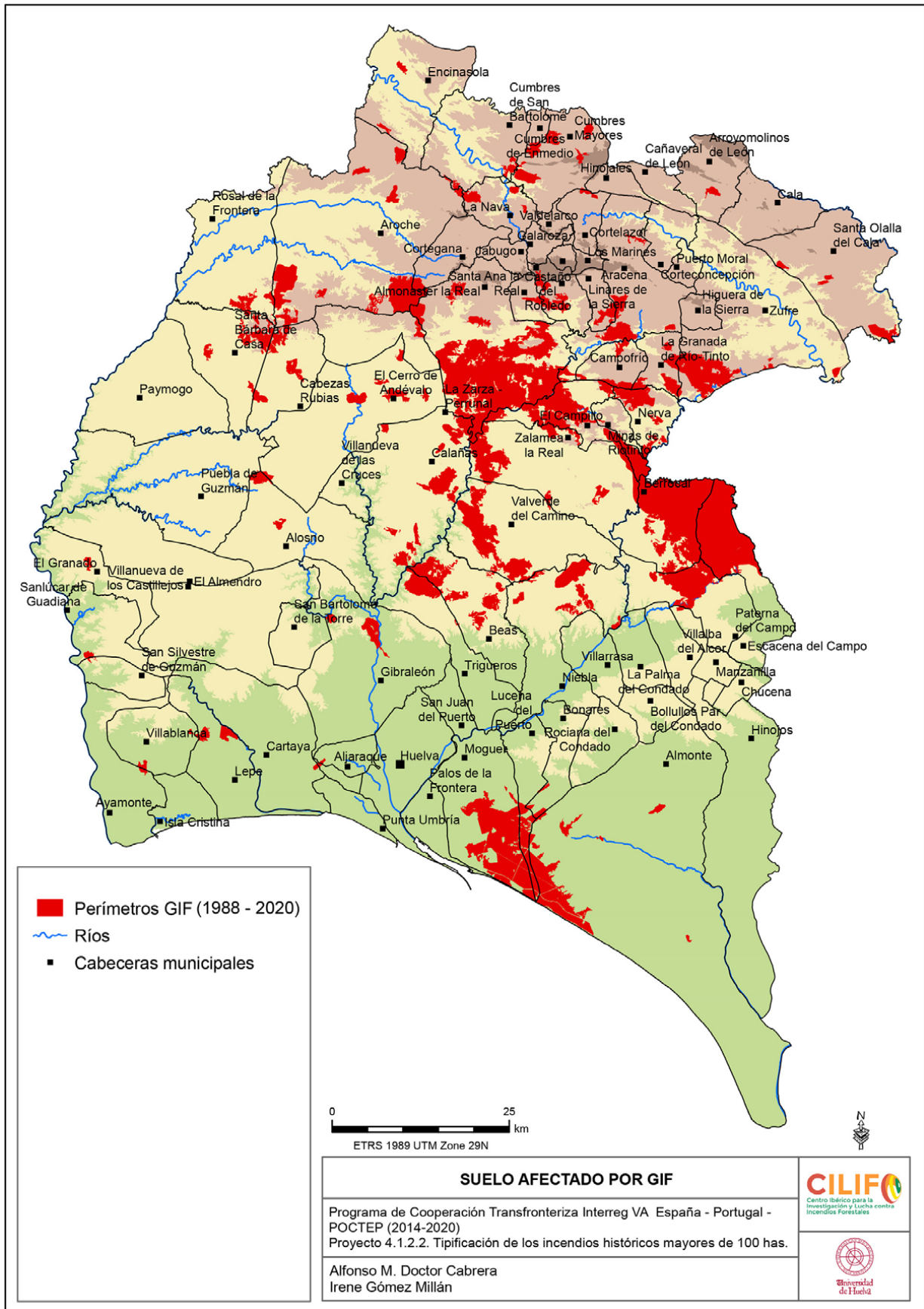
Fuente: INFOCA. Elaboración: Alfonso M. Doctor e Irene Gómez Millán

Figura 8. Superficie afectada por GIF en los municipios de la provincia de Huelva (1988-2020)



Fuente: INFOCA. Elaboración: Alfonso M. Doctor e Irene Gómez Millán

Figura 9. Áreas afectadas por GIF en la provincia de Huelva (1988-2020)



Fuente: INFOCA. Elaboración: Alfonso M. Doctor e Irene Gómez Millán

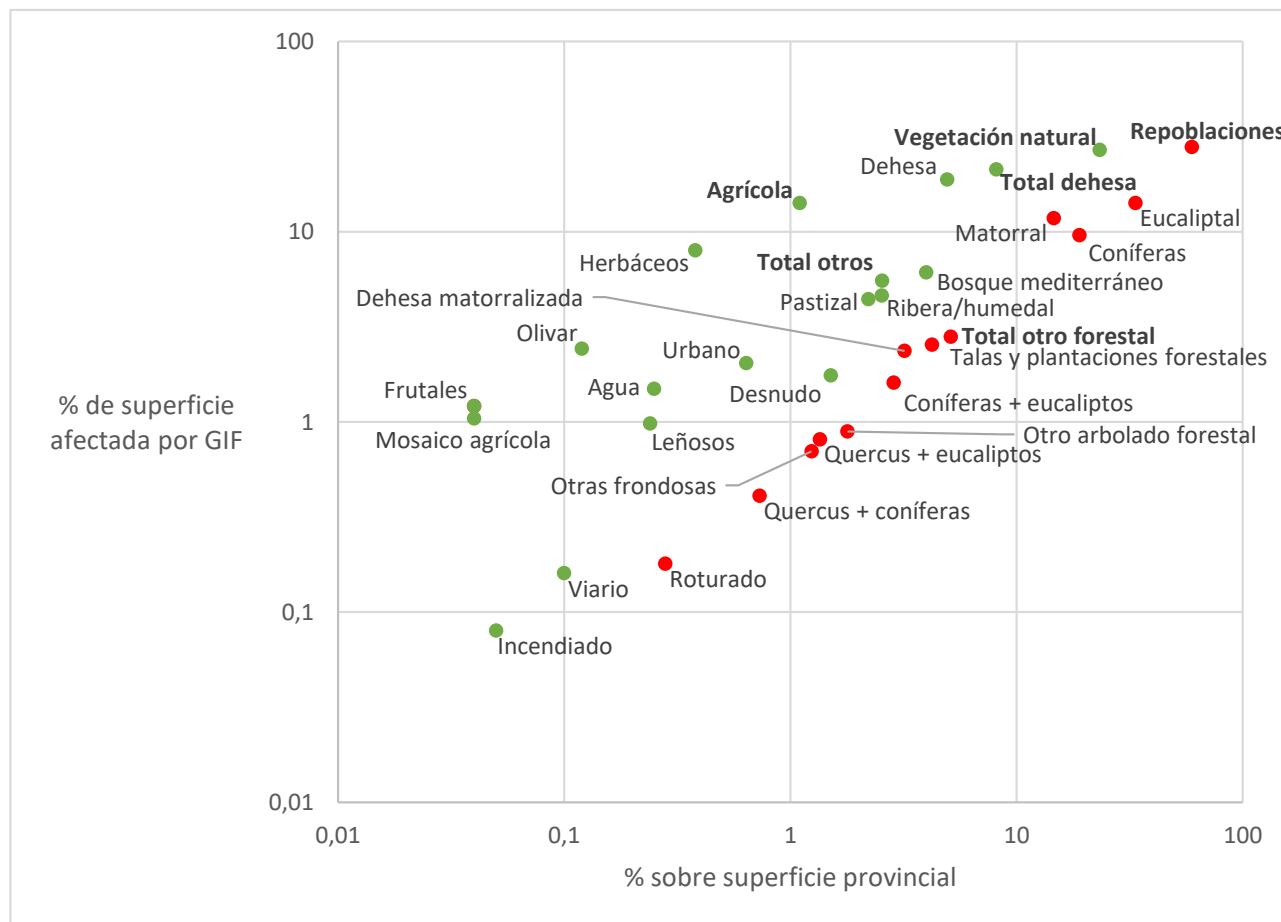
Tabla 6. Vegetación afectada por GIF en la provincia de Huelva

Uso del suelo	Hectáreas GIF	%	Hectáreas Huelva	%
Eucaliptal	35.107,5	33,50	143.605,4	14,15
Coníferas	19.912,4	19,00	97.259,3	9,58
Talas y plantaciones forestales recientes	4.427,4	4,22	25.912,4	2,55
Coníferas + eucaliptos	3.002,6	2,86	16.429,6	1,61
Total arbolado de repoblación	62.449,9	59,58	283.206,7	27,89
Matorral	15.316,1	14,61	119.616,1	11,78
Bosque mediterráneo	4.196,2	4,00	62.043,9	6,11
Vegetación de ribera/humedal	2.667,7	2,54	46.813,2	4,61
Pastizal	2.335,1	2,22	44.884,5	4,42
Total vegetación natural	24.515,0	23,37	273.357,7	26,92
Dehesa	5.179,7	4,94	190.860,1	18,81
Matorral denso + Quercus disperso	3.357,5	3,20	23.957,3	2,36
Total dehesa	8.537,2	8,14	214.817,4	21,17
Arbolado forestal otras mezclas	1.877,7	1,79	9.036,5	0,89
Quercus + eucaliptos	1.423,4	1,35	8.240,0	0,81
Forestal otras frondosas	1.300,8	1,24	7.152,8	0,70
Quercus + coníferas	765,6	0,73	4.181,1	0,41
Total otro arbolado forestal	5.367,5	5,11	28.610,4	2,81
Suelo desnudo	1.591,8	1,51	17.803,0	1,75
Suelo urbano	674,9	0,64	20.667,0	2,03
Láminas de agua	271,7	0,25	15.179,5	1,49
Red viaria	115,1	0,10	1.697,5	0,16
Zonas incendiadas	57,6	0,05	884,1	0,08
Total otros usos	2.711,1	2,55	56.231,1	5,51
Cultivos herbáceos	407,8	0,38	80.835,8	7,96
Zonas sin vegetación por roturación	303,1	0,28	1.842,0	0,18
Otros cultivos leñosos	254,5	0,24	9.996,5	0,98
Olivar	130,8	0,12	24.587,5	2,42
Mosaico de cultivos	52,1	0,04	10.612,1	1,04
Árboles frutales	44,9	0,04	12.332,1	1,21
Invernaderos	8,2	0,00	3.709,9	0,36
Total agrícola	1.201,4	1,10	143.915,9	14,15
Total provincia de Huelva	104.783,2	100,00		100,0

Fuente: INFOCA. Elaboración propia

La dehesa es también una formación con notable afección total (5.179,7 hectáreas). No obstante, ello equivale a solo el 4,94 % del total recorrido, mientras que las dehesas suponen el 18,8 % de la superficie provincial (el balance en los eucaliptales es del 33,5 % de superficie afectada sobre una presencia provincial del 14,1 % de su superficie). La afección relativa de la dehesa, por lo tanto, es baja. No es el caso del quercus con matorral (superficie afectada del 3,2 %, suponiendo solo el 2,3 % de la superficie onubense). En su caso, se trata en general de dehesas que, o bien han sido abandonadas, matorralizándose, o que han cambiado su uso de ganadero a cinegético, pasando a incluir extensiones de monte bajo denso, preferidas por las especies venatorias bien todo el año o parte del mismo.

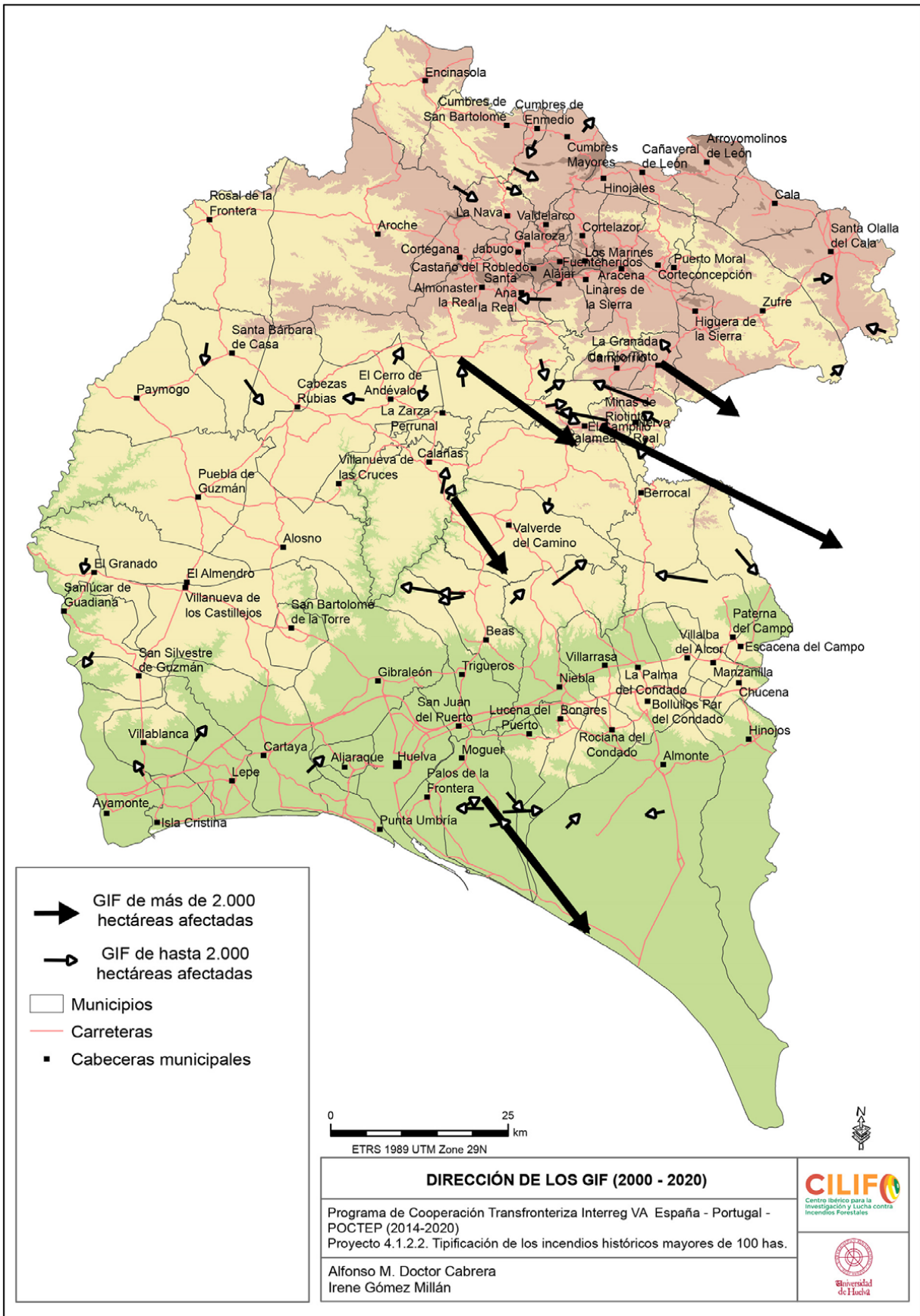
Figura 10. Relación entre superficie ocupada en la provincia de Huelva y proporción de la superficie afectada por GIF (1988-2020), por usos del suelo



Fuente: INFOCA. Elaboración propia

En la generación de los mayores GIF influye también, además del tipo de matriz forestal dominante, un factor puntual de orden meteorológico. La figura 11 recoge los GIF registrados en la provincia de Huelva entre 2000-20, de los que pudo situarse fehacientemente el foco y, por ende —según se explicó en el apartado de metodología— su dirección dominante. Como puede verse, la distribución de esas direcciones de avance es aleatoria, excepto cuando se consideran los eventos superiores a 2.000 hectáreas, cuyo vector es siempre de dirección sudeste o muy cercana. Todos esos incendios de mayor tamaño se desarrollaron con viento del NW, dirección dominante que se relaciona con la situación meteorológica de mayor riesgo, correspondiente a una baja térmica situada en el centro-oeste de la Península, que bombea un aire norteafricano extremadamente cálido y seco que cruza parte de la Península, desecándose aún más, y volviendo hacia el sursureste por la cara occidental del centro de baja.

Figura 11. Ejes de progresión de los GIF en la provincia de Huelva (2000-20)



Fuente: INFOCA. Elaboración: Alfonso M. Doctor e Irene Gómez Millán

4. Discusión

Aunque se reconoce que, efectivamente, no es habitual, se ha comprobado que la adopción del umbral de 100 hectáreas como criterio de distinción de gran incendio (coincidiendo con autores como Moreno et al., 2011; Ferreira Leite et al. 2011/12; Cardil & Molina, 2013; y Ganteaume & Jappiot, 2013) se muestra adecuada a nivel analítico, pues permite individualizar un universo de estudio de suficiente amplitud como para establecer conclusiones científicamente pertinentes, lo que no sería posible, a escala provincial, empleando umbrales superiores. Los límites de escala de miles de hectáreas son ciertamente adecuados si lo que se desea es estudiar los actualmente denominados megaincendios, especialmente si ello se hace a nivel de eventos individuales o de su recurrencia en territorios muy concretos (como pueden ser, por ejemplo, las montañas al norte de la Costa del Sol occidental); pero, en el nivel del análisis territorial, solo pueden ser aplicables, por su relativa escasez, a escala de regiones grandes y, en términos relativos, muy forestales, como es el caso de Andalucía, ya que, si se toman para una sola provincia o comarca, serían tan pocos que, salvo excepciones como la citada, harían difícil analizar la incidencia en su producción de factores territoriales como, en nuestro caso, los usos del suelo. Es cierto que autores como Ferreira Leite et al. (2014) cuestionan el uso de límites cuantitativos en general, sean cuales sean; pero no se refieren a la inadecuación del empleo de un determinado umbral —sea de 100 hectáreas o de otra dimensión—. Siendo ésta una polémica científica de mucho calado, no es el objetivo de este artículo, y se trata además de una cuestión que requiere, por su enjundia, trabajos íntegramente dedicados a ella.

El análisis efectuado evidencia de nuevo (Doctor, 2004), la necesidad de emplear con cierta prevención el parámetro superficie ardida anual, cuyo valor se ve normalmente muy sesgado al alza por la ocurrencia de uno o muy pocos GIF. De tal manera, la superficie afectada anual no refleja, salvo ya en una escala estatal, la evolución real de la problemática de los incendios forestales, sino la incidencia de, a veces, solo uno de ellos, pero de extrema gravedad. En nuestro trabajo, encontramos en el de Nerva-Berrocal de 2004 un claro ejemplo.

El estudio de la evolución de los GIF, tanto en Huelva como en Andalucía, indica un trayecto similar al de estudios anteriores que han venido constatando el aumento de su frecuencia y afección superficial unitaria. No obstante, en el caso andaluz, dicha frecuencia se ha visto sensiblemente reducida por las mejoras experimentadas por el servicio de defensa y extinción (INFOCA), introduciendo una cesura que, a nivel analítico, hace indebido comparar directamente todos sus años. Pero, al mismo tiempo, se asiste, desde principios de siglo, a un progresivo aumento de la gravedad de los GIF, en términos de incremento de la superficie afectada.

Por otra parte, el refuerzo del INFOCA en el inicio de los noventa introdujo en la serie histórica una cesura bien marcada que hace indebido comparar directamente todos sus años. Por ello, se optó por determinar, en lugar de una tendencia general, las fases de evolución de la problemática de los GIF en Andalucía mediante el empleo de tres parámetros anuales: frecuencia de incendios, frecuencia de grandes incendios, y superficie afectada por el mayor del año.

Ya en el nivel provincial de Huelva, la distribución intraanual de incendios en general y GIF en particular muestra dos comportamientos inversos: mientras el periodo de incendios se ha ampliado dentro del año, coincidiendo con lo expuesto por Fernandes & Lourenço (2019), la frecuencia relativa de GIF se ha concentrado en los meses estivales, lo que confirma su relación con condiciones meteorológicas extremas, lo que también se apuntó en la figura 11 y su análisis.

La distribución de la producción de GIF y de su superficie afectada en el seno de la provincia de Huelva muestra, por su parte, una clara disparidad entre zonas muy afectadas y otras con afección escasa o nula, aunque ambas sean de matriz mayoritariamente forestal (obviamente, las áreas eminentemente urbanas o agrícolas no registran GIF). El principal factor explicativo de esta diferencia es el predominio de una u otra formación, repoblaciones de eucaliptal (en la línea expuesta por autores como Doctor, 2004; Nunes et al., 2013; o Lourenço, 2018) —y, secundariamente, de pinar, junto con áreas dominadas por el matorral (coincidiendo con autores como Nunes et al., 2005; Moreira et al., 2009; y Carmo et al., 2011)— en las primeras, y dehesas (en la línea del trabajo de Canadas et al., 2014) —secundariamente, castañares— en las segundas, confirmándose así la hipótesis planteada.

El estudio de las direcciones de avance de los GIF ha evidenciado, por su parte, el papel generador de incendios de muy grandes proporciones (más de 2.000 hectáreas) de condiciones meteorológicas concretas ligadas a bajas térmicas que aparecen en el cuadrante sudoccidental de la Península, y al viento del noroeste extremadamente cálido y seco, coincidiendo con lo expuesto en trabajos anteriores tanto sobre España (Doctor, 2004) como sobre Portugal (Pereira et al., 2005).

5. Conclusiones

Confirmando la hipótesis planteada, la respuesta del territorio a la producción de incendios forestales es dispar en la provincia de Huelva en función del tipo de uso forestal dominante en cada área. Estos usos dominantes son producto de políticas estatales (forestación de montes públicos) y de decisiones empresariales, tanto de grandes corporaciones (expansión del eucalipto) como de productores locales (mantenimiento del sistema tradicional de dehesa de dedicación predominantemente ganadera, dentro de su multiplicidad de aprovechamientos).

En el contexto propuesto por Castellnou et al. (2009) de transitar de la era de la extinción de los incendios forestales a otra con mayor énfasis en la gestión del fuego forestal, favoreciendo la resiliencia del paisaje ante los GIF, y dentro del escenario de emergencia climática —de aumento del impacto de la sequía, y de incendios de 6ª generación—, resulta imprescindible redefinir las líneas de la política forestal, máxime en una provincia como la onubense, con apreciable cantidad de montes públicos, especialmente en las áreas más afectadas por GIF (que, de hecho, son en parte producto de su gestión forestal). En este sentido, las masas arboladas introducidas desde los años cuarenta muestran propensión a desarrollar grandes incendios, por lo que su estructura y/o composición debe ser repensada, en orden a reducir su severidad (Calvo, 2020). Asimismo, la alta propensión de los eucaliptales a desarrollar GIF obliga a focalizar en ellos la acción preventiva, incluyendo medidas como sustitución e inserción de franjas de usos resilientes, longitudinales a la dirección NW-SE dominante de los grandes incendios, que interrumpan la continuidad de sus plantaciones. En general, debería favorecerse la introducción de interfases en el medio forestal, que configuren una estructura en mosaico (Pulido et al., 2023).

La resiliencia de la dehesa frente a GIF lo convierte en un uso especialmente apropiado para su empleo como área seminatural vegetada que funcione como cortafuegos productivo, permitiendo, al no perderse suelo forestal con su introducción, condiciones de anchura muy superiores a las fajas cortafuego tradicionales, que se han mostrado insuficientes frente a los incendios de 6ª generación, especialmente al paveseo característico de los incendios en eucaliptales.

Financiación

Este trabajo ha sido realizado en el seno del proyecto *Centro Ibérico para la Investigación y Lucha contra los Incendios Forestales* (0753 CILIFO 5 E, 2019-22), financiado por FEDER dentro del Programa de Cooperación Transfronteriza Interreg V-A España-Portugal (POCTEP, 2014-20).

Referencias

- Ager, A., Finney, M. A., & Vaillant, N. M. (2012). Analyzing the spatial transmission of wildfire risk from large fires. In D. Spano, V. Bacciu, M. Salis, & C. Sirca (Eds.), *Modelling Fire Behaviour and Risk* (pp. 108-113). Universidad de Sassari.
- Asins, S., Padilla, A., & Romero, L. E. (2021). Desafíos y riesgos del paisaje aterrazado en un contexto de cambio global: Gran Canaria (Canarias) y la Marina Baixa (Comunidad Valenciana), España. In J. L. García Rodríguez (Ed.), *Libro de resúmenes de los trabajos del XXVII Congreso de la Asociación Española de Geografía* (pp. 121-122). AGE-Universidad de La Laguna. [https://xxviicongresodegeografia.es/wp-content/themes/genesis-sample/pdf/LIBRO CONGRESO TOMO 1.pdf](https://xxviicongresodegeografia.es/wp-content/themes/genesis-sample/pdf/LIBRO_CONGRESO_TOMO_1.pdf)
- Bento Gonçalves, A., Vieira, A., Ferreira Leite, F., & Oliveira Martins, C. (2010). A desestruturacao do mundo rural em áreas de montanha e o risco de incêndio – o caso da Serra da Cabreira (Vieira do Minho). *Territorium*, 17, 109-117. https://doi.org/10.14195/1647-7723_17_11
- Bento Gonçalves, A., Vieira, A., Da Vinha, L., & Hamada, S. (2018). Changes in mainland Portuguese forest areas since the last decade of the XXth century. *Méditerranée*, 130. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.10025>
- Blas, R., & Lourenço, L. (2019). Incendios forestales en espacios de frontera. Análisis de patrones espaciales en paisajes de montaña de la Raya central hispano-lusa. *Territorium*, 26, 115-122. https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_26-1_8
- Calvo, L. (2020). Severidad de grandes incendios en sistemas forestales propensos al fuego: condicionantes, efectos y soluciones de gestión pre- y post-incendio. Curso de verano *El futuro de los incendios forestales: nuevas tecnologías y territorios resilientes*. Universidad de León.
- Canadas, M. J., Novais, A., & Marques, M. (2014). *Proprietários florestais, políticas e territórios Incêndios e a gestão do espaço rural*. Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Local.
- Cardil, A., & Molina, D. (2013). Large wildland fires in three diverse regions in Spain from 1978 to 2010. *Forest Systems*, 22(3), 526-534. <https://doi.org/10.5424/fs/2013223-03899>
- Carmo, M., Moreira, F., Casimiro, P. C., & Vaz, P. G. (2011). Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal. *Landscape and Urban Planning*, 100(1-2), 169-176. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.11.017>
- Carnicer, J., Alegria, A., Giannakopoulos, C., Di Giuseppe, F., Karali, A., Koutsias, N., Lionello, P., Parrington, M., & Vitolo, C. (2022). Global warming is shifting the relationships between fire weather and realized fire-induced CO₂ emissions in Europe. *Scientific Reports*, 12. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14480-8>
- Castellnou, M., Pagés, J., Miralles, M., & Piqué, M. (2009). Tipificación de los incendios forestales en Cataluña. Elaboración del mapa de incendios de diseño como herramienta para la gestión forestal. V *Congreso Forestal Español*. https://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/281988/2009_Castellnou_CongrAvila.pdf?sequence=1
- Costa, P., Castellnou, M., Larrañaga, A., Miralles, M., & Kraus, D. (2011). *La Prevención de los Grandes Incendios Forestales adaptada al Incendio Tipo*. Unitat Tècnica del GRAF; Divisió de Grups Operatius Especials; Direcció General de Prevenció, Extinció d'Incendis i Salvaments; Departament d'Interior; Generalitat de Catalunya. https://interior.gencat.cat/web/.content/home/010_el_departament/publicacions/proteccio_civil/guia_la_prevencio_dels_grans_incendis_forestals_adaptada_a_l_incendi_tipus/docs/guia_la_prevencio_dels_grans_incendis_forestals_cast.pdf
- Cravidao, F. (1989). *A população da área do incêndio de Arganil (1987). Análise geográfica*. Relatório Técnico GMF-IF-8917, Grupo de Mecânica dos Fluidos, Universidade de Coimbra.
- De Diego, J., Fernández García, M., & Rúa, A. (2020). Influencia de la realidad socioeconómica de Galicia en la dinámica de producción de incendios forestales. *Boletín de la AGE*, 84, 1-37. <https://doi.org/10.21138/bage.2839>
- Delogu, G., Murrancia, S., Deiana, E., & Cabiddu, S. (2012). Muravera 2010: analysis of an extreme wildfire. In D. Spano, V. Bacciu, M. Salis & C. Sirca (Eds.), *Modelling Fire Behaviour and Risk*, p. 145-149. Universidad de Sassari.

- Doctor, A. M. (2004). *Territorio e incendios forestales*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Doctor, A. M. (2020). Dinámicas de cambio del suelo forestal onubense a partir de la cartografía forestal de Manuel Martín Bolaños (1941–1951). *Boletín de la AGE*, 84, 1–39.
- Fernandes, P. M., Loureiro, C., Guiomar, N., & Pezzati, G. B. (2014). The dynamics and drivers of fuel and fire in the Portuguese public forest. *Journal of Environmental Management*, 146, 373–382. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.049>
- Fernandes, S., & Lourenço, L. (2019). Grandes incendios florestais de março, junho e outubro (for a do periodo crítico) en Portugal continental. *Territorium*, 26 (II), 15–34. https://doi.org/10.14195/1647-7723_26-2_2
- Fernández-Anez, N., Krasovskiy, A., & Cerdà, A., (2021). Current Wildland Fire Patterns and Challenges in Europe: A Synthesis of National Perspectives. *Air, Soil and Water Research*, 14, 1–19. <https://doi.org/10.1177/11786221211028185>
- Fernández-Manso, A. (2020). ¿Cómo crear territorios resilientes a los incendios forestales? Curso de verano *El futuro de los incendios forestales: nuevas tecnologías y territorios resilientes*. Universidad de León.
- Ferreira Leite, F., Bento Gonçalves, A., & Lourenço, L. (2011/12). Grandes incêndios florestais em Portugal. Da história recente à atualidade. *Cadernos de Geografia*, 30/31, 81–86. https://doi.org/10.14195/0871-1623_31_8
- Ferreira Leite, F., Bento Gonçalves, A., & Lourenço, L. (2014). Grandes incêndios florestais na década de 60 do século XX, em Portugal continental. *Territorium*, 21, 189–195. http://dx.doi.org/10.14195/1647-7723_21_16
- Ferreira Leite, F., Bento Gonçalves, A., Vieira, A., & Nunes, A. (2016). Incidence and recurrence of large forest fires in mainland Portugal. *Natural Hazards*, 84, 1035–1053. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-016-2474-y>
- Ferreira Leite, F., Bento Gonçalves, A., Lourenço, L., Úbeda, X., & Vieira, A. (2013). Mega-incendios em Portugal continental (¿) – o caso do incendio de Picoes (Bragança). In A. Bento Gonçalves & A. Vieira (Eds.), *Grandes incendios florestais, erosao, degradação e medidas de recuperação dos solos* (pp. 19–36). Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento, Universidade do Minho.
- Flannigan, M. D., Cantin, A. S., De Groot, W. J., Wotton, M., Newbery, A., & Gowman, L. M. (2013). Global wildland fire season severity in the 21st century. *Forest Ecology and Management*, 294, 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.022>
- Fonseca, I., & Freire, D. (2003). “Bárbaros sin libertad”. Resistencia y agitación en las comunidades de montaña contra la acción de los servicios forestales en Portugal (1926–1974). In J. A. Sebastián y R. Uriarte (Eds.), *Historia y economía del bosque en la Europa del Sur (siglos XVIII–XX)* (pp. 195–224). Prensas Universitarias de Zaragoza. https://www.researchgate.net/publication/310590097_Barbaros_sin_libertad_Resistencia_y_agitacion_en_las_comunidades_de_montana_contra_la_accion_de_los_servicios_forestales_en_Portugal_1926-1974
- Ganteaume, A., Camia, A., Jappiot, M., San Miguel, J., Long-Fournel, M., & Lampin, C. (2013). A review of the main driving factors of forest fire ignition over Europe. *Environmental Management*, 51(3), 651–662. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-012-9961-z>
- Ganteaume, A., & Jappiot, M. (2013). What causes large fires in Southern France?. *Forest Ecology and Management*, 294, 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.06.055>
- Groome, H. J. (1985). El desarrollo de la política forestal en el Estado español: desde el siglo XIX hasta la guerra civil. *Arbor*, 474, 59–89.
- Groome, H. J. (1988). El desarrollo de la política forestal en el Estado español: desde la guerra civil hasta la actualidad. *Arbor*, 505, 65–110.
- Groome, H. J. (1990). *Historia de la política forestal del Estado español*. Agencia del Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid.
- Gutián, L. (1999). Los incendios forestales a través de la historia: Pervivencias y cambios en el uso del fuego en el noroeste peninsular. In E. Araque (Coord.), *Incendios históricos. Una aproximación multidisciplinar*. UNIA. <http://hdl.handle.net/10334/2301>

- Gutiérrez Hernández, O., Senciales, J. M., & García Fernández, L. V. (2015). Los incendios forestales en Andalucía: investigación exploratoria y modelos explicativos. *FLAMMA*, 6(3), 144-148. <http://hdl.handle.net/10261/124326>
- Lasanta, T., Nadal, E., Khorchani, M., & Romero, A. (2020). Una revisión sobre las tierras abandonadas en España: de los paisajes locales a las estrategias globales de gestión. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 47(2), 477-521. <http://doi.org/10.18172/cig.4755>
- Lourenço, L. (2018). Forest fires in continental Portugal. Result of profound alterations in society and territorial consequences. *Mediterranée*, 130. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.9958>
- Lourenço, L., & Bernardino, S. (2013). Condições meteorológicas e ocorrência de incendios florestais em Portugal Continental (1971-2010). *Cadernos de Geografia*, 32, 105-132. https://doi.org/10.14195/0871-1623_32_11
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2019). *Los Incendios Forestales en España. Decenio 2006-2015*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/incendios-decenio-2006-2015_tcm30-521617.pdf
- Molinero, F., & Alario, M. (2022). *Una mirada geográfica a la España rural*. REVIVES. https://revives.es/wp-content/uploads/2022/05/UNA-MIRADA-GEOGRAFICA-A-LA-ESPANA-RURAL-Revives_Alta-resolucion.pdf
- Montiel, C. (2013). Reconstrucción del régimen de incendios del centro de España durante los últimos quinientos años. In C. Montiel (Coord.), *Presencia histórica del fuego en el territorio* (pp. 15-42). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Moreira, F., Gonçalves Vaz, P., Catry, F. X., & Sande Silva, J. (2009). Regional variations in wildfire susceptibility of land-cover types in Portugal: implications for landscape management to minimize fire hazard. *International Journal of Wildland Fire*, 18(5), 563-574. <http://dx.doi.org/10.1071/WF07098>
- Moreno, J. M., Viedma, O., Zavala, G., & Luna, B. (2011). Landscape variables influencing forest fires in central Spain. *International journal of Wildland Fire*, 20, 678-689. <https://doi.org/10.1071/WF10005>
- Nunes, C. (2012). Regional variability and driving forces behind forest fires in Portugal. An overview of the last three decades (1980-2009). *Applied Geography*, 34, 576-586. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.03.002>
- Nunes, A., Lourenço, L., Bento Gonçalves, A., & Vieira, A. (2013). Três décadas de incêndios florestais em Portugal: incidência regional e principais fatores responsáveis. *Cadernos de Geografia*, 32, 133-143. https://doi.org/10.14195/0871-1623_32_12
- Nunes, M. C., Vasconcelos, M., Pereira, J., et al. (2005). Land cover type and fire in Portugal: do fires burn land cover selectively? *Landscape Ecology*, 20(6), 661-673. <https://doi.org/10.1007/s10980-005-0070-8>
- Oliveira, S., Oehler, F., San Miguel, J., Camia, A., & Pereira, J. M. (2012). Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using Multiple Regression and Random Forest. *Forest Ecology and Management*, 275, 117-129. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.03.003>
- Pereira, M. G., Trigo, R. M., da Camara, C. C., & Pereira, J. M. (2005). Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology*, 129, 11-25. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.12.007>
- Pérez Díaz, J., & Abellán, A. (2018). Envejecimiento demográfico y vejez en España. *Panorama Social*, 28, 11-47. <http://hdl.handle.net/10261/241140>
- Pulido, F., Corbacho, J., Bertomeu, M., Gómez, Á., Guiomar, N., Juárez, E., Lucas, B., Moreno, G., Navalpotro, J., & Palomo, G. (2023). Fire-Smart Territories: a proof of concept based on *Mosaico* approach. *Landscape Ecology*. <https://doi.org/10.1007/s10980-023-01618-w>
- Rifà, A., & Castellnou, M. (2007). El modelo de extinción de incendios forestales catalán. *IV International Wildfire Fire Conference*, Sevilla. https://interior.gencat.cat/web/.content/home/030_arees_dactuacio/bombers/foc_forestal/jornades_recerca_cooperacio_internacional/articulos_de_recerca_en_foc_forestal/articulos_incendis_forestals/2007_Castellnou-i-Rifa.-El_modelo_de_extincion_de_incendios_forestales_catalan.-CongrAvila.pdf

- Rodríguez y Silva, F., Molina, J. R., & González Cabán, A. (2014). A methodology for determining operational priorities for prevention and suppression of wildland fires. *International Journal of Wildland Fire*, 24(3), 544-554. <https://doi.org/10.1071/WF13063>
- Romero, F., & Senra, F. (2006). *Grandes incendios forestales. Causas y efectos de una ineficaz gestión del territorio*. WWF/ADENA. <https://gfmcc.online/wp-content/uploads/WWF-Informe-Incendios-Spain-2006.pdf>
- Roux, B. (1973). La Sierra Morena, víctima del desarrollo capitalista. *Información Comercial Española*, 503.
- Roux, B. (1975). *Crisis agraria en la sierra andaluza*. Universidad de Sevilla.
- Sevilla, E. (1979). *La Evolución del campesinado en España*. Península.
- Tedim, F., Remelgado, R., Borges, C., & Carvalho, S. (2013a). Exploring the occurrence of mega-fires in Portugal. *Forest Ecology and Management*, 294, 86-96. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.031>
- Tedim, F., Remelgado, R., Martins, J., & Carvalho, S. (2013b). Os grandes incendios florestais em Portugal. Desafios para a gestão do risco. In A. Bento Gonçalves y A. Vieira (Eds.), *Grandes incêndios florestais, erosão, degradação e medidas de recuperação dos solos* (pp. 75-86). Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento, Universidade do Minho.
- Vázquez, C. (2020). Estudio el impacto y percepción social de los incendios forestales. Curso de verano *El futuro de los incendios forestales: nuevas tecnologías y territorios resilientes*. Universidad de León.
- Yates, C. P., Edwards, A. C., & Russell-Smith, J. (2008). Big fires and their ecological impacts in Australian savannas: size and frequency matters. *International Journal of Wildland Fire*, 17, 768-781. <https://doi.org/10.1071/WF07150>

Inversiones térmicas y calidad del aire en la montaña cantábrica: estudio de caso en el valle de Campoo

Temperature inversions and air quality in the Cantabrian mountains: a case study of the Campoo valley

AUTORÍA

Francisco Conde-Oria 

Departamento de Geografía, Urbanismo y OT,
Universidad de Cantabria, Santander 39905.
España.

Domingo F. Rasilla 

Departamento de Geografía, Urbanismo y OT,
Universidad de Cantabria, Santander 39905.
España.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.27738>

CITACIÓN

Conde-Oria, F. & Rasilla, D. F. (2025).
Inversiones térmicas y calidad del aire en la
montaña cantábrica: estudio de caso en el valle
de Campoo. *Investigaciones Geográficas*, (83),
37-56. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27738>

CORRESPONDENCIA


Francisco Conde-Oria
(francisco.conde@unican.es)

HISTORIA

Recibido: 6 junio 2024
Aceptado: 11 octubre 2024
Publicado: 23 enero 2025
(Publicación anticipada: 25 noviembre 2024)

TÉRMINOS

© 2025 Francisco Conde-Oria, Domingo F.
Rasilla

 Este trabajo se publica bajo una
licencia [Creative Commons de Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Resumen

Las inversiones térmicas constituyen un fenómeno meteorológico frecuente en áreas de montaña, por el que una masa de aire cálido se superpone a una masa de aire frío. El aire frío en superficie (CAP) causa, entre otros impactos, la acumulación de contaminantes cerca de sus fuentes de emisión. Este trabajo analiza las características de estos eventos en Campoo, un valle montañoso del norte de España, y evalúa su influencia en la calidad del aire local. Estos eventos se generan durante todo el año, siendo más fuertes y persistentes en los meses invernales, caracterizándose por un acusado ciclo diario de temperatura y humedad, cielos despejados y una capa límite de reducido espesor. Los vientos muestran una débil circulación con sentido ascendente por el día y descendente por la noche. Como consecuencia de la gran estabilidad atmosférica, los niveles de NO₂ y PM₁₀ experimentan un aumento mientras que la reducción de O₃ es compensada a medida que avanza la estación cálida por procesos fotoquímicos. Sobre esta dinámica natural se superpone el origen local de los compuestos contaminantes, que determina una evolución temporal sujeta a variaciones en la actividad humana, como demuestra un “efecto fin de semana” y una mejora de la calidad del aire después de la pandemia de COVID-19.

Palabras clave: Análisis de componentes principales; valle de Campoo; inversión térmica; emisión de contaminantes; topografía; actividad humana.

Abstract

Temperature inversions are a common meteorological phenomenon in mountainous areas whereby a warm air mass is superimposed on a cold air mass. The cold air pool (CAP) causes, among other effects, the accumulation of pollutants near their emission sources. This study analyses the main features of these events in Campoo, a mountain valley in northern Spain, and assesses their influence on local air quality. These events occur throughout the year but are stronger and more persistent in the winter months, characterised by a pronounced daily cycle of temperature and humidity, clear skies and a thin boundary layer. Winds show a weak upward circulation during the day and a downward circulation at night. Due to the strong atmospheric stability, NO₂ and PM₁₀ levels increase while the reduction of O₃ is compensated by photochemical processes as the warm season progresses. The local

origin of these compounds determines that their temporal evolution is subject to variations in human activity, as demonstrated by a “weekend effect” and an improvement in air quality after the COVID-19 pandemic.

Keywords: Principal component analysis; Campoo valley; temperature inversion; pollutant emission; topography; human activity.

1. Introducción

Las zonas de montaña ofrecen un entorno saludable, constituyendo la buena visibilidad y calidad del aire elementos fundamentales de esta imagen. Este punto de vista popular es, en términos generales, cierto, pero como toda generalización, esconde excepciones, pues no son extraños episodios persistentes de altas concentraciones de contaminantes en valles de montaña (Silva et al., 2007; Largeron & Staquet, 2016; Solís et al., 2022; Glojek et al., 2022).

Estos episodios responden a diferentes causas. Por un lado, la topografía; valles y cuencas cerradas se convierten en trampas de contaminantes debido al efecto protector de las laderas circundantes, dificultando su dispersión (Whiteman, 2000; Barry, 2008). Pero tan importante como los factores naturales es la creciente antropización de las áreas de montaña. Las emisiones de sustancias contaminantes han crecido en estos espacios porque también lo han hecho las actividades industriales y extractivas, y en menor medida, la concentración de la población (emisiones de calefacción usando combustible vegetal). También hay que tener en cuenta que el flujo continuo y creciente de visitantes para disfrutar de actividades recreativas (por ejemplo, el Parque Nacional de los Picos de Europa, en el norte de España, recibió 1.798.533 visitantes en 2022; Organismo Autónomo Parques Nacionales [OAPN], 2022). Además, las montañas no están exentas de la llegada de masas de aire cargadas de contaminantes desde regiones lejanas (Seibert et al., 1998; Wotawa et al., 2000; Duchi et al., 2016; Diémoz et al., 2019; Greilinger & Kasper-Giebl, 2021).

Junto con la variabilidad de las emisiones, que está estrechamente ligada a las actividades humanas, la concentración de contaminantes también varía temporalmente en función de las condiciones meteorológicas, lo que puede favorecer tanto su dispersión como su acumulación dentro de la capa adyacente a la superficie terrestre. Las inversiones térmicas constituyen una de estas situaciones favorables a la acumulación de contaminantes, puesto que la superposición de aire frío bajo aire cálido constituye una estructura vertical desfavorable a la dispersión vertical.

Es importante tener en cuenta las dimensiones del espacio de estudio, ya que el aumento observado en los niveles de contaminación durante los episodios de inversiones térmicas puede ser significativo en términos porcentuales, pero no necesariamente en términos absolutos. La comparación con los niveles de base es menos pronunciada en localidades pequeñas en comparación con núcleos urbanos más grandes. Por ejemplo, en áreas como la estudiada, un incremento del 45 % en la contaminación, que a primera vista puede parecer considerable, puede implicar un aumento de 17 microgramos a 25 microgramos de un contaminante, cifra que se encuentra por debajo de los límites legales establecidos. En consecuencia, aunque la calidad del aire puede deteriorarse durante estos eventos, los niveles de contaminantes son significativamente menores que en áreas urbanas más grandes, lo que resalta la importancia de considerar el tamaño de la localidad al evaluar el impacto de la contaminación.

La inversión de temperatura es un proceso atmosférico bien conocido, pero que resulta de diferentes mecanismos. Existen diversos precedentes del estudio de inversiones térmicas en España desde hace más de 80 años, comenzando con los estudios de Fontserè (1937) hasta otros más recientes, como los de López Gómez (1975), Fernández García & Galán Gallego (1983), García-Abad Alonso & Carmona Elizalde (1997), Bello Fuentes (2008), Jiménez et al. (2015), Martínez Villagrasa et al. (2018), Espín Sánchez et al. (2018), Miró et al. (2018) y Espín Sánchez et al. (2022). Son un fenómeno meteorológico común, especialmente en las regiones interiores durante el invierno. Las más frecuentes ocurren durante las noches despejadas y sin viento, cuando se forma una capa de aire frío de limitado espesor sobre la superficie terrestre por enfriamiento radiativo (Stull, 1988; Whiteman, 1982). Pero estas situaciones rara vez causan eventos de contaminación relevantes debido al desarrollo de movimientos convectivos diurnos que reducen la estabilidad de la capa límite.

Si la temperatura no alcanza los valores requeridos para destruir esa capa estable durante el día, y la circulación atmosférica favorece movimientos de subsidencia en las capas medias de la atmósfera, la inversión de temperatura se refuerza generando una acumulación de aire frío en superficie (*cold air pool*) que persistirá mientras esas condiciones sinópticas favorables no cambien. Debido a la estabilidad atmosférica y a la falta de dispersión, tanto vertical como horizontal, las emisiones de sustancias contaminantes se acumulan, pudiendo

superar los niveles recomendados por la legislación (Silcox et al., 2012; Whiteman et al., 2014) y convertirse en una amenaza para la salud humana (Pope, 1991; Beard et al., 2012; Mullen et al., 2020), mientras que las temperaturas extremas frías suponen un grave riesgo para la agricultura o el transporte, como por ejemplo, la niebla y la formación de hielo en las carreteras (Chachere & Pu, 2016; Pu et al., 2023).

El objetivo de este trabajo es investigar las principales características de las inversiones térmicas en el valle de Campoo y su impacto en la calidad del aire local. Para ello, tras presentar el área de estudio (subapartado 2.1) y las fuentes de información utilizadas (subapartado 2.2), se revisa la metodología (subapartado 2.3). Los principales resultados se detallan en la sección 3, seguida de una breve discusión en la sección 4 y la sección 5 de conclusiones.

2. Metodología

2.1. Área de estudio

El área de estudio (Figura 1) comprende la cabecera del río Ebro, el denominado valle de Campoo, situado en plena cordillera Cantábrica. El fondo del valle tiene una altitud media en torno a los 850 m y una forma triangular, con el vértice orientado al oeste y la base al este. Está flanqueado por dos crestas montañosas, cuya altitud disminuye progresivamente hacia el este (de 2.200 m a 1.250 m), cuya continuidad está rota por puertos de montaña que comunican la Meseta con la costa cantábrica.

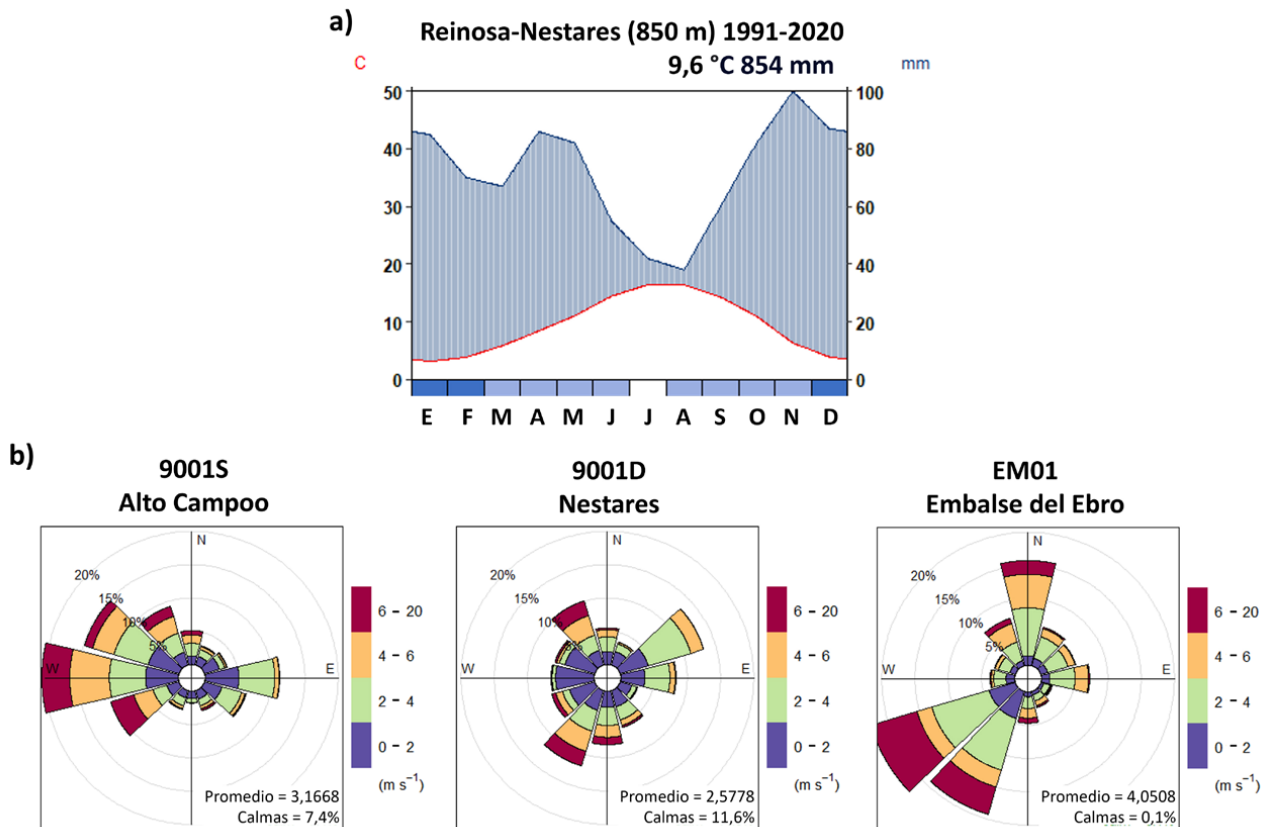
Figura 1. Localización del área de estudio



Elaboración propia

El valle constituye un espacio de transición entre el mundo atlántico y el mediterráneo. La precipitación es abundante, con máximos entre octubre y diciembre, mientras que el régimen térmico muestra una notable amplitud anual y diaria (Figura 2). El carácter transicional también aparece en otras variables meteorológicas de importancia para la dinámica de los contaminantes. El régimen de vientos es una combinación de flujos sinópticos y vientos locales, estos últimos originados por los intercambios de masa y energía entre el fondo del valle y las laderas montañosas. La radiación solar es otra variable fundamental en muchas transformaciones fotoquímicas. En comparación con la vertiente norte de la cordillera Cantábrica, los valores de radiación son más altos entre abril y septiembre y más bajos entre noviembre y febrero, lo que puede explicarse en parte por la frecuencia de eventos de niebla, favorecidos por el embalse del Ebro (García Codron & Bermejo Zubelzu, 1988).

Figura 2. Principales características climáticas de la zona de estudio: (a) diagrama de Walther y (b) rosas de los vientos



Fuente: datos facilitados la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). Elaboración propia

Los niveles de calidad del aire dependen en gran medida de las actividades humanas debido a las emisiones de contaminantes generadas por diversas fuentes antropogénicas. Por lo tanto, es crucial realizar una revisión exhaustiva y constante de dichas actividades en el área de estudio. La estructura económica de Campoo se basa principalmente en el sector servicios, respaldada por una industria siderometalúrgica en decrecimiento. Sus cinco municipios tienen una población censada cercana a los 15.600 habitantes (2023), con 9.600 residentes en la capital, Reinosa.

El valle es una de las vías tradicionales de acceso desde la Meseta española a la cornisa cantábrica, y presenta varios factores relevantes para este análisis. Está atravesado por una autovía (A-67), por la cual circulan más de 13.000 vehículos al día, una carretera de doble vía (N-611) utilizada por unos 580 vehículos diarios, y una vía férrea (Alar del Rey-Santander). Reinosa funciona como centro comarcal donde convergen las carreteras de los distintos municipios. Dentro del núcleo urbano, el volumen de desplazamientos diarios es considerable, especialmente en ciertos momentos del día; aproximadamente el 40 % de los viajes diarios se realizan en vehículos privados (en 2019, de un total de 6.322 vehículos, 4.723 eran turismos) (Instituto Cántabro de Estadística [ICANE], 2024).

Además, el consumo doméstico de calefacción es significativo, estimado en 1800 grados-día en Reinosa, uno de los valores más altos de España para un municipio de su tamaño, siendo el gas natural el principal combustible utilizado. En un radio de 50 km, algunas instalaciones industriales también podrían afectar la calidad del aire de Reinosa: una fábrica de cemento (al sur-suroeste), las actividades industriales en el valle del Besaya (al norte) y la central térmica de Velilla del Río Carrión (al oeste).

2.2. Fuentes de información

En este estudio se emplean las series climáticas correspondientes al período comprendido entre noviembre de 2015 y diciembre de 2023, obtenidas de la red de estaciones automáticas gestionadas por dos organismos españoles: la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). Las estaciones (Tabla 1) fueron seleccionadas con el fin de representar diversas características topográficas

dentro del área de estudio. Paralelamente, los datos de calidad del aire para el mismo intervalo temporal provienen de la estación de Reinosa (Tabla 1), que pertenece a la red gestionada por el Centro de Investigación del Medio Ambiente (CIMA Cantabria).

Las series de datos se sometieron a un exhaustivo control de calidad, que incluyó la depuración de datos erróneos y el rellenado de lagunas, considerando tanto la extensión de estas como la disponibilidad de datos simultáneos en estaciones cercanas. En los casos en que no fue posible completar la información, las lagunas se mantuvieron sin modificaciones. Posteriormente, las series fueron objeto de un análisis preliminar de homogeneidad de temperatura, en el cual no se identificaron anomalías significativas que requirieran corrección, presentándose desviaciones inferiores al 5 % en todos los casos.

Tabla 1. Localización y características de las estaciones meteorológicas y de calidad del aire

Código	Nombre	Fuente	Latitud	Longitud	Altitud
N012	Valdecebollas	CHE	42.96	-4.33	1.910
9001S	Alto Campoo	AEMET	43.03	-4.35	1.650
9001D	Nestares	AEMET	42.99	-4.16	910
EM01	Embalse del Ebro	CHE	42.97	-4.05	841
R006	La Aguilera	CHE	42.96	-4.04	990
R002	Bigüenzo	CHE	42.88	-4.00	1.283
ES1530a	Reinosa	CIMA	43.00	-4.13	847

Elaboración propia

A falta de datos de nieve in situ, se ha utilizado la base de datos MODIS/Terra Snow Cover Daily L3 Global 500m SIN Grid, Versión 61. Esta contiene los valores del índice NDSI (*Normalized Difference Snow Index*) con una resolución en rejilla de 500 x 500 m. Los valores de píxel correspondientes a un radio de 2 km alrededor de Reinosa se extrajeron durante los eventos seleccionados para obtener un valor proxy para la capa de nieve. Se utilizó un valor mínimo superior a 0,42 como umbral para identificar los días con una cobertura de nieve completa sobre el área de estudio.

2.3. Métodos y técnicas de análisis

Existen diversas metodologías para identificar y cuantificar la intensidad de las inversiones térmicas y establecer las localidades más propensas a estos fenómenos (Colgan et al., 2021). Dado el tipo de datos disponibles, se optó por calcular el gradiente vertical de temperatura aplicando un análisis de componentes principales (ACP) sobre registros de temperatura mínima (Lundquist et al., 2008), previamente filtrados para minimizar el impacto de aquellos procesos atmosféricos ajenos a la escala sinóptica (por ejemplo, el ciclo estacional).

En el proceso de filtrado se suceden diferentes pasos. El valor de la temperatura mínima $T(\vec{x}, t)$ en un momento y lugar determinados se puede desglosar en varios componentes:

$$T(\vec{x}, t) = \bar{T}(\vec{x}) + \bar{T}'(t) + \tilde{T}(\vec{x}, t) + \varepsilon \quad (1)$$

donde $\bar{T}(\vec{x})$ es el promedio de la temperatura mínima de cada observatorio durante el periodo de análisis, $\bar{T}'(t)$ equivale a la diferencia de la temperatura mínima de cada observatorio con respecto a ese promedio, y $\tilde{T}(\vec{x}, t)$ corresponde a la diferencia de la temperatura mínima de cada observatorio con respecto al promedio de la temperatura mínima de todos los observatorios en ese día. Por último, ε representa el error que se puede atribuir a las singularidades del instrumento.

Al restar $\bar{T}(\vec{x})$ y $\bar{T}'(t)$ de los datos originales $T(\vec{x}, t)$ se crea una nueva serie en la que se atenúan tanto los efectos geográficos (elevación) como climáticos (evolución estacional). Esta nueva serie filtrada de anomalías de temperatura mínima se somete a continuación al análisis de componentes principales (ACP), un método utilizado para la descomposición de series climáticas en patrones espaciotemporales de variabilidad. La estructura espacial subyacente está representada por las ponderaciones (“loadings”) de cada observatorio, mientras que su intensidad y variabilidad temporal pueden cuantificarse mediante la serie de puntuaciones

“scores”). La relación entre las anomalías de temperatura con las ponderaciones y las puntuaciones se deduce de la siguiente ecuación:

$$\tilde{T}(x, y, t) + \varepsilon = \sum_{k=1}^N PC(t) EOF(x, y) \quad (2)$$

en la que $PC1_{(t)}$ es la matriz de puntuaciones y $EOF(x, y)$ es la matriz de ponderaciones. Teniendo en cuenta que este primer componente acumula la mayor parte de la varianza en los datos, la ecuación 2 puede simplificarse de la siguiente manera:

$$\tilde{T}(x, y, t) + \varepsilon \approx PC1(t) EOF(x, y) \quad (3)$$

donde $PC1_{(t)}$ representa el primer componente principal. Dependiendo del signo de este componente principal, los observatorios pueden clasificarse como favorables/desfavorables (pesos negativos/positivos) a las acumulaciones de aire frío. Además, las noches con puntuaciones negativas en la primera EOF corresponden a un patrón espacial con cumbres más cálidas y valles más fríos; por el contrario, las noches con puntuaciones positivas muestran el patrón espacial inverso: las cumbres son proporcionalmente más frías que los valles, es decir, la atmósfera muestra un gradiente térmico vertical negativo y ausencia de acumulaciones de aire frío. Dado que existen diferentes criterios para definir las inversiones térmicas, se optó por un umbral arbitrario obtenido mediante un procedimiento estadístico que clasificó las puntuaciones obtenidas en el ACP en quintiles, procedimiento similar al aplicado en estudios análogos (Miró et al., 2018). De acuerdo con este criterio, se seleccionaron como noches con inversión térmica, aquellas cuyas puntuaciones pertenecían al quinto quintil.

Para caracterizar las condiciones atmosféricas locales durante esos eventos se ha calculado un conjunto de índices (Martínez et al., 2008), utilizando datos de la estación meteorológica de Nestares, con excepción de la radiación solar, que se obtuvo de Reinosa.

Primero, se calculó la amplitud térmica diaria (T_{amp}) como la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diarias. Después, un índice de radiación (Q_d) que compara la radiación diaria observada (Q_o) con su valor máximo teórico (Q_t), asumiendo que el estado del cielo durante las horas diurnas será similar a la registrada la noche anterior.

$$Q_d = \frac{Q_o - Q_e}{Q_t} \quad (1)$$

En tercer lugar, un índice de humedad (iHUM) que resalta los días con un gran contraste entre el día y la noche. El término HR_d corresponde a la humedad relativa media diaria y la HR_s la humedad relativa registrada durante las horas diurnas.

$$iHUM = \frac{HR_d - HR_s}{HR_d} \quad (2)$$

Finalmente, la fuerza del viento nocturno V_n , que promedia la velocidad del viento entre el anochecer y el amanecer.

$$\bar{V}_n = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i \quad (3)$$

También se tuvo en cuenta la altura de la capa límite tanto diurna (ACLd) como nocturna (ACLn), ya que influye directamente en la dispersión de los contaminantes. Durante el día, la ACLd es más alta debido al calentamiento del suelo, lo que facilita la dispersión. Por la noche, la ACLn es más baja, limitando la capacidad de los contaminantes para dispersarse, lo que puede aumentar su concentración (Seibert et al., 2000).

La identificación de los patrones de circulación atmosférica más favorables para la génesis de las inversiones térmicas se logró utilizando “composites” de diferentes campos meteorológicos (Yarnal, 1994). Estos “composites” consisten en el valor medio de ciertos campos meteorológicos (presión a nivel del mar, geopotencial, dirección y velocidad del viento etc.) calculado a partir de los mapas correspondientes a los días seleccionados. Estos mapas se elaboraron utilizando la observación de las 06 UTC (la hora sinóptica que corresponde al momento de máxima intensidad diaria de las inversiones térmicas) extraída de la base de datos ERA5.

Para comprobar la significación estadística de los valores de los diferentes índices climatológicos durante los eventos seleccionados, así como su impacto en los promedios diarios de los contaminantes, se optó por la prueba de Wilcoxon (Wilcoxon, 1945). Esta prueba se utiliza para determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de dos grupos independientes, una prueba adecuada cuando la distribución de ambos grupos no es normal, y puede incluir valores atípicos, situación que caracteriza a la mayoría de las variables. Finalmente, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para cuantificar la relación estadística entre variables climáticas continuas.

3. Resultados

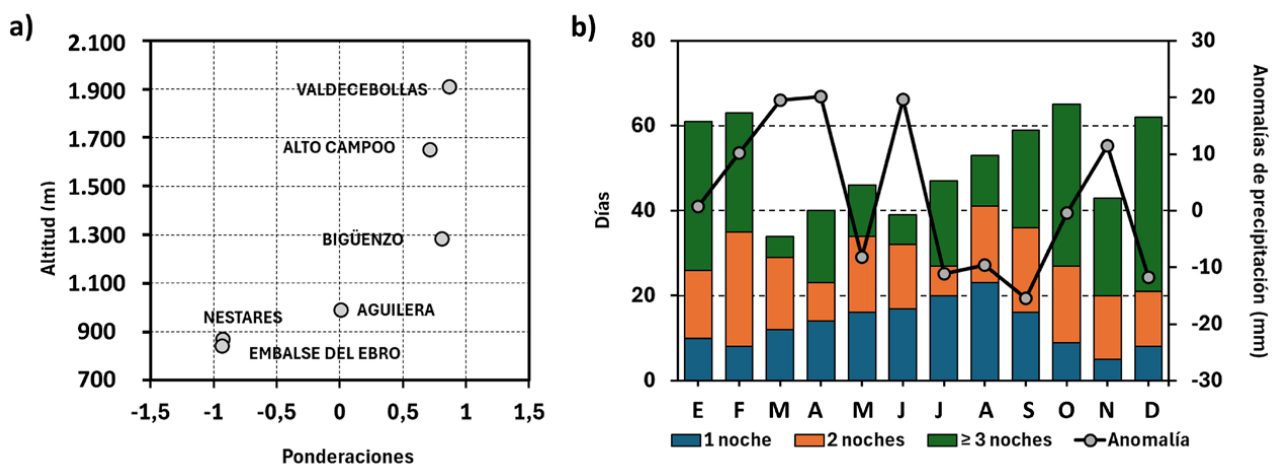
3.1. Caracterización de las inversiones térmicas en el valle de Campoo

3.1.1. Variabilidad espacial y temporal

El primer componente principal acumula el 59 % de la varianza original en las anomalías de temperatura mínima; como era de esperar, la correlación entre las ponderaciones de este PC en cada observatorio y la altitud correspondiente es significativa (una R^2 de 0,73; Figura 3a). Los lugares más elevados muestran valores positivos, pues se sitúan dentro de la advección cálida superior, mientras que los ubicados en el fondo del valle muestran valores negativos y, en consecuencia, identifican localidades favorables al estancamiento del aire frío. De acuerdo con su distribución altitudinal, el espesor más frecuente de esta capa superficial se sitúa en torno a los 1.000 m; este nivel coincide con la estación de La Aguilera (990 m), ya que el valor de su ponderación es cercano a 0.

El ciclo anual de eventos (Figura 3b) no muestra una concentración clara en una temporada específica. La mayoría de los eventos más cortos (una noche) ocurren en verano, mientras que los más largos (3 o más noches consecutivas) muestran una preferencia por la estación fría (octubre a febrero). Las duraciones intermedias se distribuyen a partes iguales a lo largo del año. Esta distribución está relacionada con la evolución climática local durante el periodo de estudio, representada por la anomalía de la precipitación en Villasuso, una estación meteorológica ubicada dentro del valle. El bajo número de días de inversión de marzo a junio coincide con precipitaciones superiores respecto a los valores normales del periodo 1981-2020; por el contrario, las anomalías negativas de precipitación de julio a octubre y de diciembre a enero coinciden con una mayor frecuencia de eventos de inversión.

Figura 3. a) Relación entre la altitud y las cargas de EOF durante los CAP en Campoo y b) frecuencia mensual de los CAP según la longitud de las secuencias y las anomalías de precipitación en la estación más cercana



Fuente: datos proporcionados por AEMET y CHE. Elaboración propia

3.1.2. Caracterización meteorológica local durante las inversiones térmicas

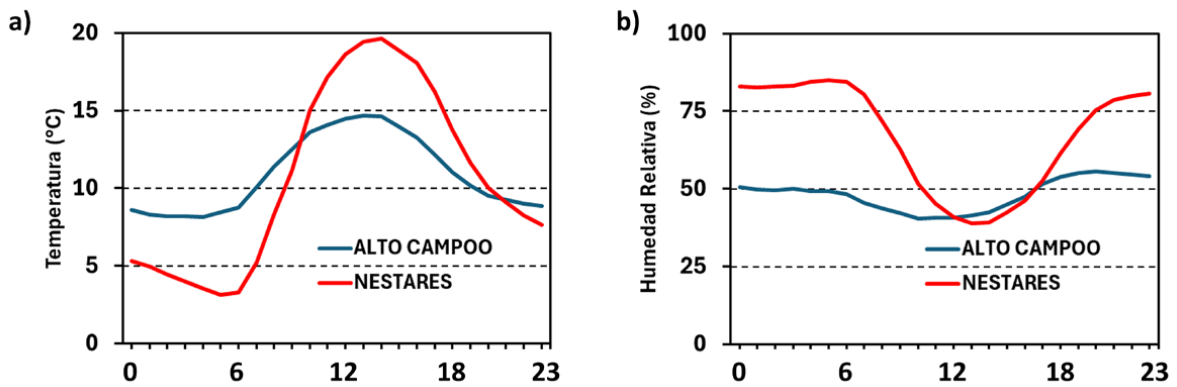
De acuerdo con la Tabla 2, los días de inversión se caracterizan en el fondo de valle de Campoo por una elevada amplitud térmica diaria (casi 20°C en promedio), cielos despejados (lo que significa que la radiación solar real está cerca del máximo teórico), un notable contraste entre la humedad relativa nocturna y diurna y noches con viento débil. Además, la altura de la capa límite es bastante baja, como corresponde al espesor de esa capa de aire frío. Las condiciones en las montañas son similares, pero el ciclo diario de temperatura y humedad es menos contrastado (Figura 4).

Tabla 2. Valores medios diarios de las variables meteorológicas seleccionadas durante eventos no CAP/CAP; estadístico W y significación de la prueba de Wilcoxon en Nestares

	T_{ampl} (°C)	Q_d	iHUM	V_i (m/s)	ACL_n (m)	ACL_d (m)
no-CAP	10,14	0,67	0,09	2,08	268,41	683,71
CAP	19,00	0,91	0,17	1,17	80,46	539,02
Estadístico W	36.033	119.673	126.915	579.689	630.311	469.983
Significación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

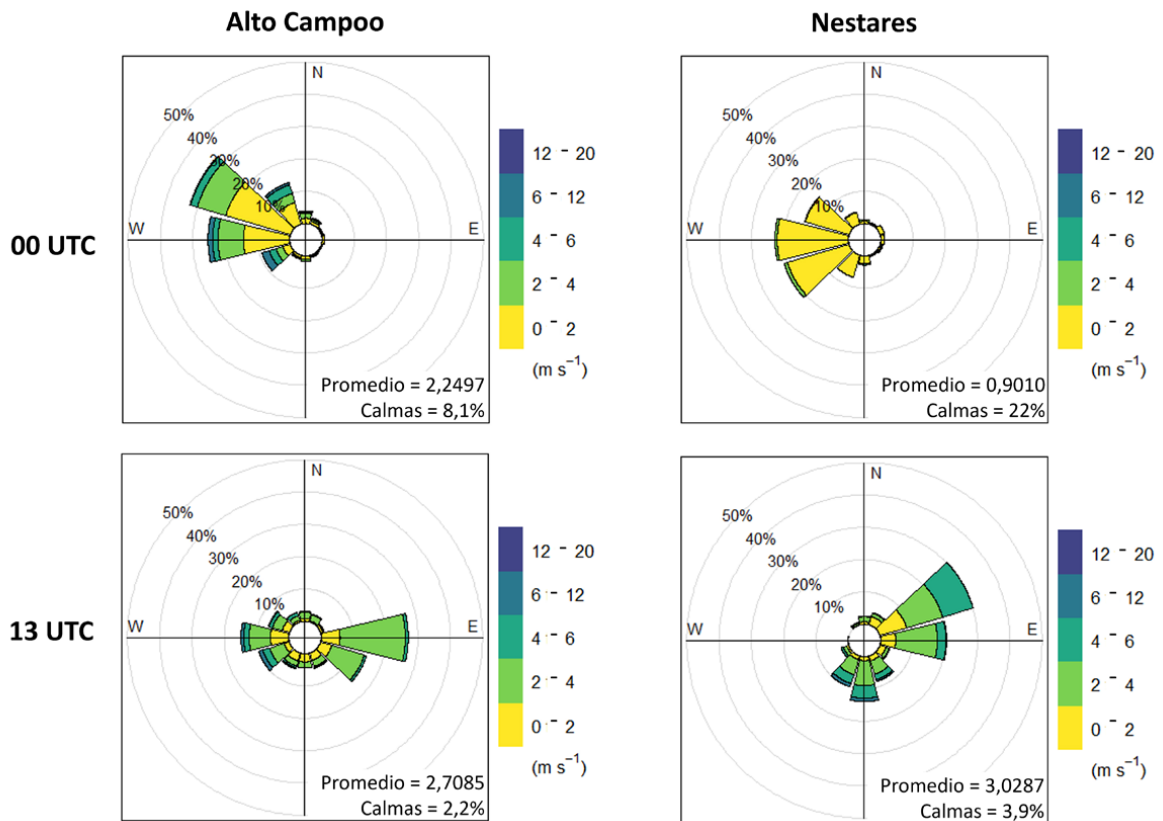
Fuente: datos proporcionados por AEMET y CHE. Elaboración propia

Figura 4. Condiciones meteorológicas locales durante los días de la PAC en Alto Campoo y Nestares: a) temperatura horaria b) humedad relativa horaria



Fuente: datos proporcionados por AEMET y CHE. Elaboración propia

Figura 5. Regímenes de viento en Alto Campoo y Nestares durante los días de CAP



Fuente: datos proporcionados por AEMET y CHE. Elaboración propia

Los vientos no solo son débiles, sino que también experimentan un cambio diario en su régimen entre la montaña y el valle (Figura 5). Por la noche predominan los débiles vientos de poniente en ambas zonas, con una alta frecuencia de calmas en el fondo del valle (8 % en Alto Campoo y 22 % en Nestares). Esa dirección predominante refleja el movimiento descendente del aire frío a lo largo de las laderas, hacia el fondo del valle. Durante el día, sin embargo, se detecta un régimen de vientos más diverso; la componente dominante del E es, paradójicamente, más fuerte en el fondo del valle, probablemente por el refuerzo del viento ascendente por la brisa costera que sube desde la costa cántabrica.

3.1.3. Anomalías de circulación a gran escala relacionadas con las inversiones térmicas

La relación entre el primer componente principal y diferentes variables meteorológicas proporcionadas por la base de datos ERA5 en el punto de rejilla más cercano a Reinosa muestra una correlación positiva con la altura del nivel de 700 hPa (lo que indica condiciones anticiclónicas) y con la temperatura (una advección cálida en niveles superiores). Sin embargo, es negativa con una humedad relativa de 700 hPa (aire seco y cielos despejados) y con la componente zonal del viento (consecuencia del estancamiento del aire; Tabla 3).

Tabla 3. Correlación de Pearson entre los valores diarios de PC1 y las variables meteorológicas de 700 hPa en Reinosa

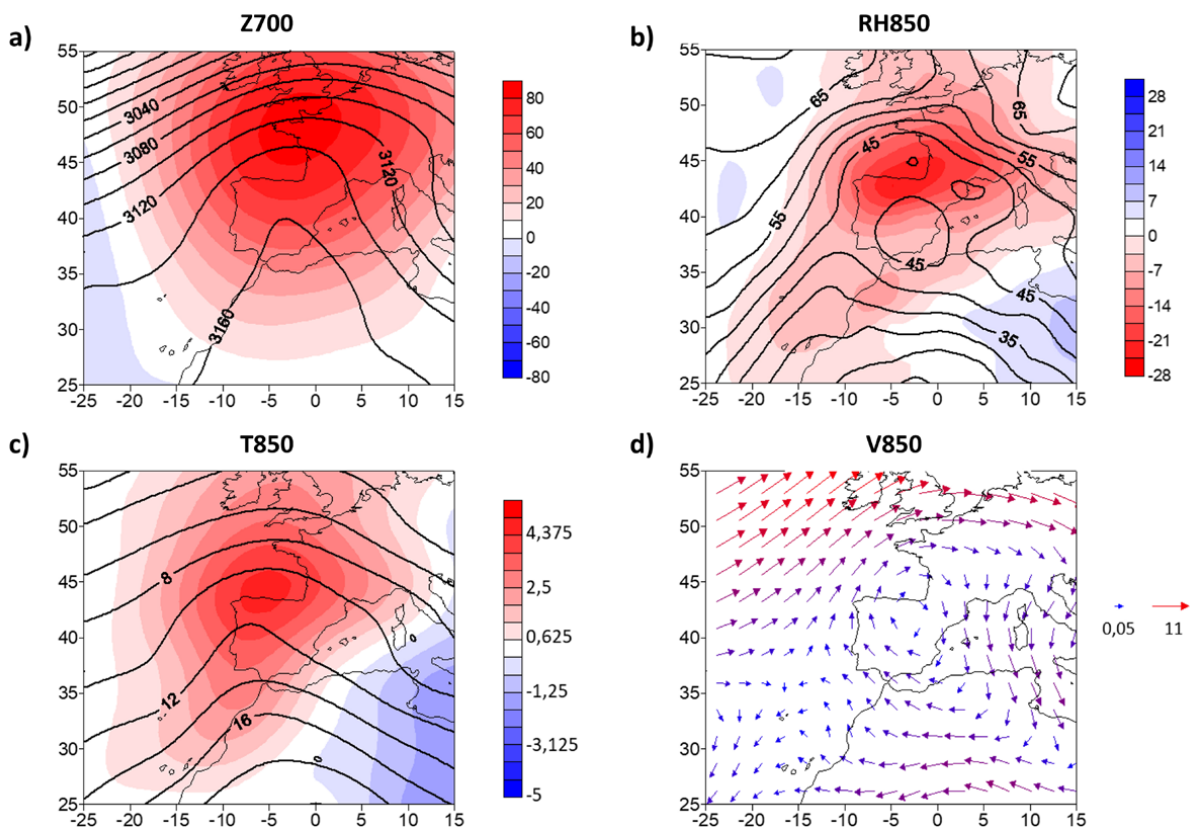
Variable	Altura Geopotencial (m)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	C. zonal del viento (m/s)	C. meridiana del viento (m/s)
	0,525*	0,346*	-0,380*	-0,282**	0,045

* Correlación significativa al nivel del 0,01

**Correlación significativa al nivel de 0,05

Fuente: datos de ERA5. Elaboración propia

Figura 6. Mapa promedio y anomalías de (a) altura geopotencial del nivel de 700 hPa (gpm), (b) humedad relativa (%) a 850 hPa, (c) temperatura del aire (°C) a 850 hPa y (d) vectores de viento (m/s) a 850 hPa durante eventos de inversión térmica



Fuente: datos proporcionados por ERA5. Elaboración propia

Los valores de correlación confirman que las circulaciones anticiclónicas, acompañadas de una advección cálida y una fuerte subsidencia, constituyen las condiciones más probables para la génesis de inversiones

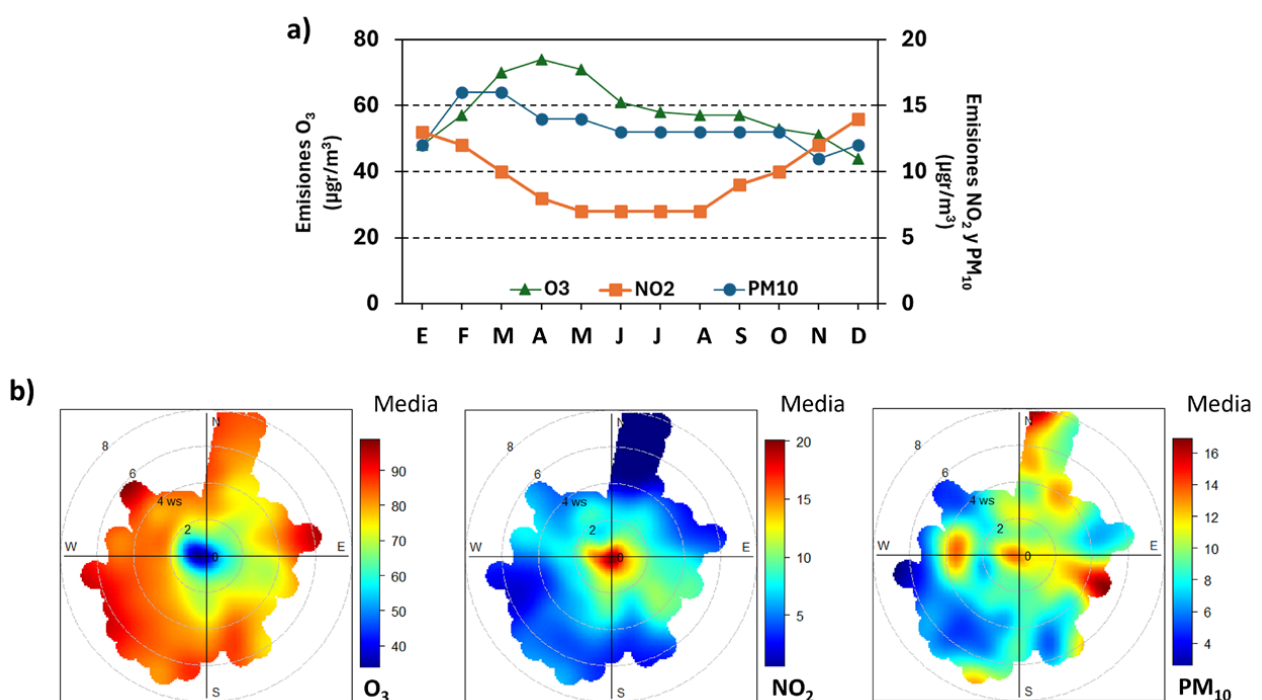
térmicas. Para confirmar esta hipótesis, se identificaron los patrones de circulación atmosférica más favorables para los eventos seleccionados. La circulación atmosférica en la troposfera media, representada por el campo geopotencial de 700 hPa (Figura 6a), está controlada por una potente dorsal, cuyo eje principal parece estar ligeramente desplazado hacia el este de la Península Ibérica. El campo de anomalías se caracteriza por un centro concéntrico de anomalías positivas, al norte de la Península Ibérica, sobre Bretaña. Este patrón contribuye a una reducción sustancial de la humedad relativa en la baja troposfera (cercana al 25 % en el nivel de 850 hPa; 6b) y a una advección de aire cálido y seco, que alcanza valores particularmente anómalos (alrededor de 4°C; 6c). El campo de viento correspondiente al nivel de 850 hPa (Figura 6d) muestra una buena concordancia con el campo de altura geopotencial de 700 hPa, mostrando áreas de vientos débiles que coinciden con la dorsal anticiclónica.

3.2. Impactos de las inversiones térmicas en la calidad del aire en Campoo

3.2.1. Características generales de la calidad del aire

La calidad del aire en Campoo se considera buena según las mediciones del CIMA; de hecho, la estación de Reinosa es clasificada como de fondo urbano. Los promedios anuales de los tres contaminantes analizados no han superado los valores límite recomendados por la legislación española (Real Decreto 34/2023, de 24 de enero), que establece los siguientes límites: 180 µg/m³ como promedio horario y 60 µg/m³ como promedio anual para el ozono (O₃); 200 µg/m³ como promedio horario y 40 µg/m³ como promedio anual para el dióxido de carbono (NO₂); y 50 µg/m³ como promedio diario y 40 µg/m³ como promedio anual para las partículas en suspensión inferiores a 10 micras (PM₁₀). Estos valores también están alineados con la Directiva europea 2008/50/CE, de 21 de mayo de 2008, y las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), que sugieren límites más estrictos para una protección óptima de la salud: 180 µg/m³ para el O₃ en promedio horario, 40 µg/m³ para el NO₂ en promedio anual y 25 µg/m³ para el PM₁₀ en promedio diario. En este contexto, el promedio anual de O₃ en Campoo es de 58,60 µg/m³; los valores correspondientes para NO₂ y PM₁₀ son 9,67 µg/m³ y 13,34 µg/m³, respectivamente. No obstante, se han registrado algunas superaciones de PM₁₀ durante el período analizado: 11 días con una concentración promedio diaria superior a 50 µg/m³, de los cuales 10 fueron atribuibles a intrusiones saharianas (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2024).

Figura 7. a) Valores medios mensuales y b) rosas de contaminación en Reinosa



Fuente: datos proporcionados por CIMA. Elaboración propia

La variación estacional de los contaminantes es la característica de las zonas cercanas a la costa cantábrica (Alonso et al., 2000; Viana et al., 2003; Querol et al., 2004; Gangoi et al., 2006; Figura 7a). Por ejemplo, el máximo mensual de O_3 ocurre en los meses de primavera, a diferencia del resto de la Península Ibérica (verano). Un comportamiento similar afecta a las PM_{10} , ya que el máximo anual también se adelanta al final del invierno y principios de la primavera (febrero-marzo). A diferencia de los anteriores, el comportamiento estacional del NO_2 es el habitual en la Península Ibérica, con máximos invernales y mínimos estivales.

Las rosas de contaminación permiten una primera aproximación al origen de las emisiones de estos contaminantes. O_3 y NO_2 muestran un patrón relativamente simple con una disposición inversa. Las concentraciones máximas de O_3 corresponden a vientos moderados con direcciones este-noreste, suroeste y noroeste; en cuanto al NO_2 , las concentraciones máximas corresponden a calmas. El patrón de PM_{10} es más complejo, lo que sugiere diferentes fuentes de emisión, algunas ubicadas lejos de la estación (por ejemplo, las ubicadas en los sectores norte, este y oeste), junto con aportes locales en condiciones sin viento.

3.2.2. Impacto de las inversiones térmicas en la calidad del aire

Una vez conocidos los aspectos generales de la calidad del aire en la zona de estudio, el siguiente paso evalúa el impacto de las situaciones de inversión sobre esas condiciones. Para ello, se seleccionan solo episodios persistentes, definidos como aquellos que se extienden durante al menos dos noches consecutivas. Esto permite una mejor evaluación de los mecanismos a los que están sometidos los contaminantes.

Como era de esperar, a partir de la información proporcionada por las rosas de contaminación y de las condiciones meteorológicas asociadas, las inversiones térmicas provocan una disminución de O_3 acompañada de un aumento de los niveles de NO_2 y PM_{10} (Tabla 4).

Tabla 4. Valores medios diarios de los principales contaminantes durante eventos no CAP/CAP; estadístico W y significación de la prueba de Wilcoxon en Reinosa

	O_3 ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$)	NO_2 ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$)	PM_{10} ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$)
no-CAP	59,64	8,60	10,79
CAP	44,33	15,63	16,86
Estadístico W	401.005	136.775	89.554
Significación	0,00	0,00	0,00

Fuente: datos de CIMA. Elaboración propia

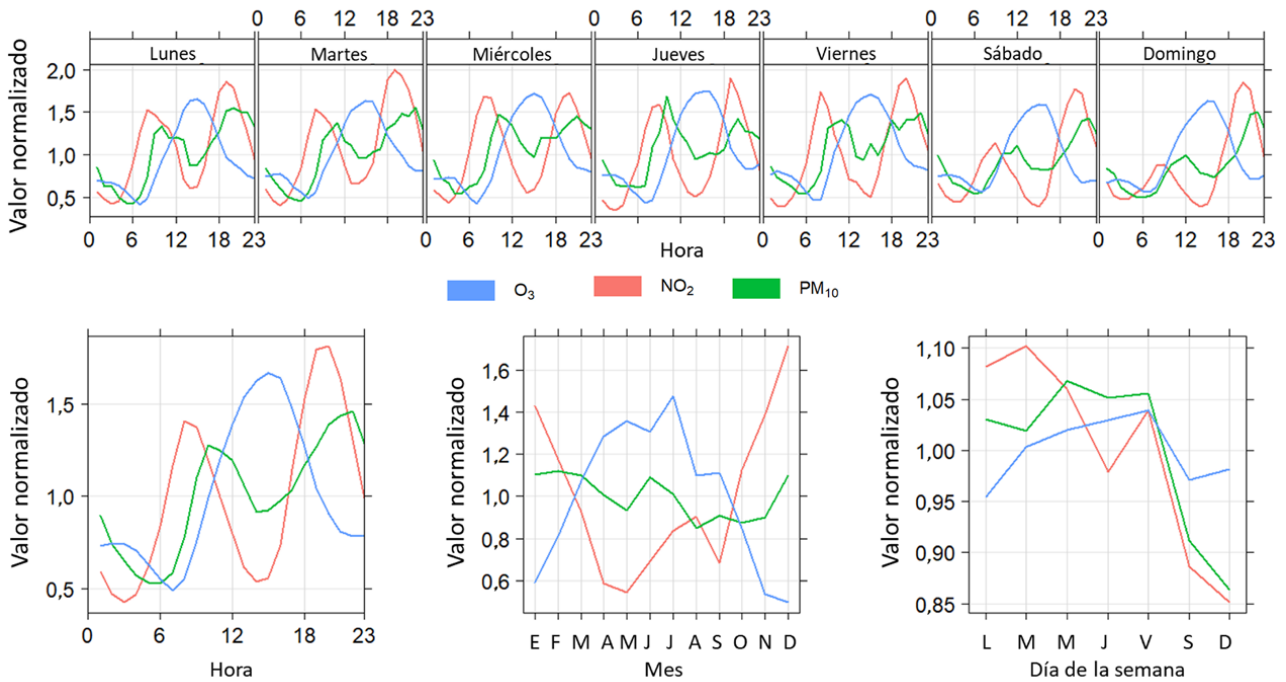
La Figura 8 muestra las concentraciones de contaminantes de acuerdo con diversos escenarios temporales durante los eventos persistentes de inversión térmica. Dado que estos contaminantes difieren considerablemente en términos de promedio y rango, los gráficos muestran valores normalizados (resultantes de dividir cada valor por su promedio) para facilitar la interpretación. El patrón semanal de la evolución horaria ofrece varias ideas sobre el mecanismo de génesis de cada contaminante. El NO_2 y el PM_{10} muestran un patrón bimodal, aunque difieren en la magnitud y la hora. En el caso del NO_2 ambos picos se producen inmediatamente después de las horas punta (8 y 19 UTC) y están mejor definidos que los de PM_{10} , que son más planos y tienen lugar un par de horas más tarde. Por el contrario, el mínimo a mediodía es más evidente en el NO_2 , que coincide con el máximo de O_3 . Esos perfiles son mucho más evidentes durante los días de semana, ya que durante los fines de semana los máximos de NO_2 y PM_{10} están menos marcados.

Por estaciones astronómicas se evidencia que el patrón de NO_2 es más simple (máximo invernal) en comparación con el PM_{10} , que muestra una variación menos marcada a lo largo del año, aunque los meses de invierno registran valores más altos que las otras estaciones. Por otro lado, el O_3 experimenta también un ciclo simple con máximos en primavera y verano. Por último, la evolución de las concentraciones de contaminantes por días de la semana informa de que el NO_2 y PM_{10} sufren una reducción sustancial durante los sábados y domingos.

Antes de evaluar el papel de las actividades humanas en esos patrones temporales de la calidad del aire, es necesario estudiar el papel de cada parámetro meteorológico individual en las concentraciones de contaminantes durante los eventos persistentes a través de un análisis de correlación (Tabla 5). El NO_2 vuelve a ser el contaminante más estrechamente relacionado con las condiciones de estabilidad atmosférica (correlaciones

positivas con el PC1 y negativas con la altura de la capa límite diurna). El PM₁₀ muestra correlaciones más bajas, lo que coincide con la diversidad de fuentes sugeridas previamente. Por otro lado, las correlaciones entre el O₃ sugieren un control sobre los niveles de NO₂ por una actividad fotoquímica activa ligada a altas temperaturas diurnas, bajos valores de humedad diurna y condiciones de alta radiación, que parecen ser más activas durante los eventos ocurridos durante los meses cálidos.

Figura 8. Variación temporal de contaminantes durante eventos persistentes en Reinosa



Fuente: datos de CIMA. Elaboración propia

Tabla 5. Matriz de correlación entre los promedios diarios de O₃, NO₂ y PM₁₀ durante eventos de inversiones térmicas persistentes

	O ₃ (μgr/m ³)	NO ₂ (μgr/m ³)	PM ₁₀ (μgr/m ³)
PC1	-0,3	0,41	0,28
AMP	0,31	-0,13	-0,04
Qd	0,05	-0,06	-0,04
iHUM	0,28	-0,11	-0,12
Vn	-0,09	0,09	-0,09
BLH _n	0,07	0,03	-0,01
BLH _d	0,68	-0,43	-0,11
PM ₁₀	-0,13	0,39	
No ₂	-0,55		

Fuente: datos de CIMA. Elaboración propia

Otros procesos atmosféricos, como la capa de nieve (Tabla 6), han sido citados como reforzadores de la estabilidad de la troposfera inferior y, por lo tanto, aumentan la concentración de contaminantes (Green et al., 2015). Este mecanismo ha sido probado en la zona de estudio, si bien el análisis se restringió a los meses de enero y febrero, que son los que muestran un número de días cubiertos de nieve simultáneos a las inversiones térmicas persistentes suficiente. Ni los valores del primer componente principal ni ninguno de los contaminantes muestran diferencias significativas entre días sin nieve y con nieve.

Tabla 6. Valores medios diarios de los principales contaminantes durante eventos persistentes de inversión térmica sin nieve en el suelo y con nieve en Reinosa; estadístico W y significación de la prueba de Wilcoxon

	PC1	O ₃ (μgr/m ³)	NO ₂ (μgr/m ³)	PM ₁₀ (μgr/m ³)
Sin nieve	1,78	34,12	18,06	18,85
Con nieve	1,89	36,63	23,52	19,43
Estadístico W	107,00	95,00	79,00	96,50
Significación	0,98	0,70	0,40	0,77

Fuente: datos del CIMA y del National Snow Data Center (NSDC). Elaboración propia

La variabilidad temporal de las emisiones durante estos eventos se pone de relieve al comprobar que los promedios diarios de NO₂ y PM₁₀ muestran el conocido “efecto fin de semana” por el cual los contaminantes disminuyen durante los fines de semana, debido a la reducción de la actividad humana (Tabla 7).

Tabla 7. Valores medios diarios de los principales contaminantes durante eventos persistentes de inversión térmica durante los días laborables y fines de semana en Reinosa; estadístico W y significación de la prueba de Wilcoxon

	PC1	O ₃ (μgr/m ³)	N _{O2} (μgr/m ³)	PM ₁₀ (μgr/m ³)
Días de la semana	1,68	44,82	16,48	17,64
Fin de semana	1,64	43,21	13,65	15,06
Estadístico W	8.227	7.848	8.463	9.749
Significación	0,39	0,60	0,03	0,00

Fuente: datos del CIMA. Elaboración propia

Como último aspecto relacionado con la variabilidad temporal de las emisiones y dado que el periodo de análisis se extiende a lo largo de la pandemia de COVID-19 (Tabla 8), pareció oportuno considerar cuál ha sido el efecto sobre las concentraciones diarias de contaminantes, durante los eventos de inversión, de la paralización de la actividad económica tras la pandemia. En relación con este aspecto, el interés no es conocer los efectos del periodo inmediatamente posterior al confinamiento, bien conocido ya en la mayoría de las grandes ciudades españolas (Tobías et al., 2020; Briz-Redón et al., 2021; Querol et al., 2021; Wirth et al., 2022), sino en saber si el efecto positivo de la reducción de emisiones se ha prolongado en el tiempo en esta pequeña localidad del norte de España.

El resultado del análisis muestra una reducción tanto de NO₂ como de PM₁₀ después del confinamiento, mientras que el O₃ ha aumentado, pero no significativamente. Tampoco la frecuencia e intensidad de las inversiones térmicas (PC1) parece haber sufrido cambios relevantes, y, por lo tanto, no explica los cambios citados en líneas precedentes. Esta reducción en NO₂ y PM₁₀ se alinea con los estudios previos que confirman una disminución de contaminantes directamente relacionados con actividades económicas como el tráfico y la industria, debido tanto al confinamiento durante los meses más duros de la pandemia como a la crisis económica y la subsiguiente reducción de la actividad productiva. Por el contrario, el comportamiento del O₃ ha mostrado una mayor complejidad. A diferencia de los contaminantes mencionados, las concentraciones locales de ozono están influenciadas por una variedad de factores, incluidos los meteorológicos, las emisiones biogénicas, los procesos de transporte regional, las emisiones de precursores locales y regionales, así como las intrusiones estratosféricas (Millán et al., 1997; Millán et al., 2000; Dieguez et al., 2009; Dieguez et al., 2014; Gangoiti et al., 2001; Millán, 2014). Además, como señalan Massagué et al. (2023), las métricas de análisis de las concentraciones de ozono, como los valores medios frente a los extremos de la distribución, muestran tendencias divergentes según las localidades analizadas y su dinámica atmosférica regional. En el caso del valle de Campoo, estudios previos y otros en fase de realización sugieren que el carácter de transición del valle también se refleja en los mecanismos de origen del O₃. Aunque los niveles estacionales de ozono responden al mismo mecanismo fotoquímico predominante en el resto de la Península Ibérica, los niveles mensuales más altos se registran en primavera (abril y mayo), debido a la llegada de aire frío en altura y precursores desde Europa Occidental. Como hipótesis de trabajo a confirmar en el futuro cercano, podría ser que la efectividad de este mecanismo haya disminuido en los últimos años.

Tabla 8. Valores medios diarios de los principales contaminantes durante eventos persistentes de inversión térmica antes y después del confinamiento por la pandemia de COVID-19 en Reinosa; estadístico W y significación de la prueba de Wilcoxon

	PC1	O ₃ (μgr/m ³)	NO ₂ (μgr/m ³)	PM ₁₀ (μgr/m ³)
Pre COVID-19	1,65	43,01	19,94	17,29
Post COVID-19	1,68	45,60	11,45	15,58
Estadístico W	8.472	8.307	13.511	10.709
Significación	0,42	0,39	0,00	0,00

Fuente: datos del CIMA. Elaboración propia

4. Discusión de resultados

El objetivo de este trabajo ha sido la identificación y caracterización de las inversiones térmicas en el valle de Campoo, y una evaluación preliminar de sus impactos sobre la calidad del aire a escala local.

El método elegido para la identificación de estos eventos ha sido el cálculo de gradientes verticales de temperatura. La identificación de los eventos de inversión térmica se cuantificó sometiendo las anomalías de temperatura mínima filtradas a un ACP. Los valores de cada observatorio en la matriz de ponderaciones identificaron los observatorios propensos a acumulaciones locales de aire frío, cuyo espesor se asume en unos 200 m sobre el fondo del valle; por encima se situarían los observatorios ajenos a estos mecanismos. Por otro lado, las puntuaciones obtenidas proporcionaron una medida cuantitativa de la intensidad diaria de este fenómeno. Estas puntuaciones se derivaron del ACP empleando un umbral basado en el quinto quintil de las puntuaciones diarias de la serie temporal, como en otros estudios similares sobre sequías y olas de calor.

Las inversiones térmicas pueden ocurrir a lo largo de todo el año, siendo más intensas y persistentes durante los episodios invernales. Sin embargo, también se observan algunos eventos cortos de inversiones térmicas en verano. Este fenómeno puede explicarse tanto por el comportamiento climático anómalo en la región durante el periodo de estudio, como por la dinámica atmosférica característica de este sector de la Península Ibérica. En cuanto al primer aspecto, durante el periodo de estudio predominaron inviernos y primaveras más lluviosos, seguidos de veranos y otoños relativamente secos y estables en comparación con otros años. Respecto al segundo aspecto, durante el verano es común la influencia del extremo meridional de los frentes fríos asociados a borrascas que circulan sobre las Islas Británicas. Las masas de aire atlántico que se establecen después de estos eventos, sujetas a una dinámica subsidente, provocan inversiones térmicas la noche siguiente al paso del frente, tal como se observó en un estudio de corta duración (Ruiz Urrestarazu & Galdos Urrutia, 2008).

Durante los episodios de inversión térmica, la temperatura y la humedad relativa experimentan un gran contraste entre el día y la noche, debido al predominio de cielos despejados y vientos débiles. En relación a éstos últimos, la ausencia de un forzamiento sinóptico facilita el desarrollo de una circulación local en el interior del valle, siguiendo un ciclo diario. Aunque los mecanismos que impulsan esta circulación local son complejos, se sabe que se activan con la luz solar y se potencian con el calentamiento diferencial de la montaña y los valles: durante el día, la masa de aire que se encuentra en el fondo del valle se calienta, por lo que el aire cálido y menos denso asciende. Durante la noche, esta masa se enfría y, a medida que se hace más densa y pesada, desciende hacia el valle.

Ese débil forzamiento sinóptico es consecuencia del desplazamiento hacia el norte de la Península Ibérica de células de alta presión bajo las dorsales anticiclónicas. Esta condición favorece la advección de aire cálido y seco y el estancamiento de los niveles más bajos de la atmósfera, condiciones propicias para la concentración de contaminantes en las proximidades de las fuentes de emisión en torno a Reinosa. El aumento es más evidente en el caso del NO₂, pero menos claro con las partículas de PM₁₀. El origen de la mayor parte del NO₂ en zonas urbanas es antrópico, procedente de la combustión de materiales orgánicos, ya sea de fuentes estáticas (calefacción, procesos industriales y centrales térmicas) o móviles (vehículos de gasolina y diésel). Aunque no hay que descartar que una fracción de los óxidos de nitrógeno tengan un origen industrial (procedente de una acería más cercana), el uso predominante del gas natural para calefacción, cuya combustión produce una de las tasas más bajas de emisiones de gases contaminantes por unidad de energía producida, nos lleva a pensar que la mayor parte del NO₂ proviene del tráfico, no solo local, sino también de las autopista y carreteras circundantes.

Los niveles de PM_{10} se explican parcialmente por los mismos procesos. La mayoría de sus fuentes primarias provienen de las actividades humanas, que en los entornos urbanos se asocian principalmente con el tráfico rodado, los procesos de combustión (especialmente industriales, pero también relacionados con el calentamiento de edificios y viviendas) y fuentes adicionales como la construcción. Sin embargo, en el área de estudio el efecto de las inversiones térmicas sobre sus concentraciones es más difuso, probablemente debido a la diversidad de fuentes de emisión, algunas de las cuales se encuentran alejadas de Reinosa.

El O_3 es un contaminante secundario generado a partir de reacciones químicas complejas en las que otros compuestos actúan como precursores, principalmente óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (COV). En consecuencia, NO_2 y O_3 muestran un comportamiento temporal inverso. Bajo inversiones térmicas invernales, el O_3 se reduce, consumido rápidamente por oxidación de NO en NO_2 . Pero esta reducción se modera bajo condiciones meteorológicas favorables a los procesos fotoquímicos (altas temperaturas diurnas, baja humedad relativa y alta radiación), que también ocurren durante los episodios de inversión durante la estación cálida. Además, la circulación oceánica, como muestra la rosa de contaminación, arrastra precursores desde las zonas industriales de la costa cantábrica hasta Campoo, ayudando a elevar la concentración estival de O_3 en la atmósfera.

Diversos estudios han analizado el impacto de las inversiones térmicas en la calidad del aire en diferentes regiones montañosas del mundo. En el valle del río Arve, en Francia, Chemel et al. (2016) investigaron el déficit de calor como un indicador de la contaminación por partículas en invierno. De manera similar, Gramsch et al. (2014) estudiaron la influencia de las inversiones térmicas sobre la concentración de $PM_{2.5}$ y carbón negro en Santiago de Chile, mientras que Ivey et al. (2019) examinaron las fuentes de partículas finas en Salt Lake City, Utah, durante eventos de inversión persistente. Los Alpes franceses fueron el escenario del estudio de LARGERON y STAQUET (2016), quienes abordaron la dinámica de las inversiones térmicas y su relación con la contaminación por PM_{10} . En Utah, SILCOX et al. (2012) centraron su trabajo en las concentraciones de $PM_{2.5}$ durante periodos prolongados de inversión térmica en un valle montañoso, y WHITEMAN et al. (2014) exploraron la relación entre la contaminación por partículas y las variables meteorológicas en el Valle de Salt Lake.

Estos estudios confirman un empeoramiento de la calidad del aire a causa de las inversiones térmicas, con aumentos de los niveles de contaminantes emitidos localmente. No obstante, los resultados no siempre son directamente comparables con los obtenidos en otras áreas de estudio. Además de los diferentes periodos temporales de análisis y las diversas condiciones atmosféricas regionales, es importante tener en cuenta el papel de las fuentes locales de emisión. Los trabajos citados investigan la relación en núcleos urbanos grandes (Santiago de Chile, Salt Lake City) o medianos (Grenoble), mientras que Reinosa es un núcleo de población pequeño, lo que implica que los niveles de emisión de contaminantes sean inferiores. Por otro lado, los contaminantes más afectados también difieren según la región: en el caso de Reinosa, el contaminante más afectado es el NO_2 , relacionado con el transporte privado, tanto dentro del núcleo urbano como por el tráfico intenso de la autovía de La Meseta. En Grenoble, en cambio, se destaca el papel del PM_{10} debido al uso de madera en las calefacciones, un aspecto también señalado en Santiago de Chile. En ambos casos, no se presentan intrusiones de polvo desértico que elevan los valores de partículas sin la intervención de las inversiones térmicas. En Salt Lake City, las partículas son igualmente el contaminante más afectado por las inversiones, también asociado al tráfico.

No se han hallado pruebas sólidas de un impacto adicional en la calidad del aire por la presencia de nieve en el suelo. A diferencia de otras zonas montañosas, la nieve no suele persistir mucho tiempo en el fondo de los valles de Cantabria, ya que, al estar expuesta a la circulación atlántica, es habitual que las masas frías sean rápidamente sustituidas por otra más cálidas.

El origen local de la mayoría de los compuestos contaminantes durante los eventos de contaminación determina que su evolución temporal esté sujeta a variaciones en la actividad humana, que suele reducirse el fin de semana respecto al resto de la semana, y que, a más largo plazo, parece estar ligada al efecto de la pandemia. De hecho, los niveles pre-COVID de NO_2 , y, en menor medida, de PM_{10} , no se han recuperado totalmente.

5. Conclusiones

Las inversiones térmicas son un fenómeno meteorológico común en los valles de la montaña cantábrica y tienen un impacto en la calidad del aire a nivel local. Este fenómeno se caracteriza por la formación de una capa de aire cálido sobre una capa de aire más frío, que provoca una estabilización de estas dificultando la

dispersión de los contaminantes. En el valle de Campoo, este fenómeno es particularmente notable debido a su enclaustramiento entre elevados relieves montañosos. A pesar de este aislamiento geográfico, Campoo es un importante núcleo de comunicaciones, desempeñando un papel crucial tanto a nivel regional como local.

Gran parte de los rasgos de las inversiones térmicas observadas en Campoo son similares a los estudiados en otros puntos del planeta. Estas inversiones tienden a ser más frecuentes en invierno, vinculadas a situaciones de alta estabilidad atmosférica. El ciclo de génesis nocturna y destrucción diurna también es un patrón típico, con circulaciones locales generadas por las diferencias de temperatura entre el fondo del valle y las laderas de las montañas. No obstante, Campoo presenta algunas características distintivas debido a su ubicación septentrional. Durante el verano, las inversiones térmicas son más frecuentes que en otras montañas de la Península Ibérica, lo que añade una particularidad a la dinámica atmosférica de esta región.

Las emisiones locales, fundamentalmente del tráfico vehicular, juegan un papel crucial en la modulación de la concentración de contaminantes como el NO_2 y el O_3 durante estos episodios de inversión térmica. Estas concentraciones varían no solo a lo largo del día, sino también en escalas temporales más amplias, como las semanales, o incluso, mensuales. La evolución temporal de la calidad del aire muestra tendencias a largo plazo, y es destacable la reducción de emisiones provocada por la pandemia de COVID-19, observable también en esta zona. A pesar de la escasa concentración de población, la disminución en el tráfico y otras actividades durante la pandemia tuvo un impacto perceptible en la reducción de contaminantes atmosféricos en Campoo.

Por tanto, las inversiones térmicas en el valle de Campoo son un fenómeno meteorológico relevante para la evaluación de la calidad del aire a escala local. Su estudio y comprensión son esenciales para la gestión ambiental y la formulación de políticas que mitiguen los efectos negativos de la contaminación del aire.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Agencia de Meteorología (AEMET), a la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) y al Centro de Investigación sobre el Medioambiente (CIMA) por la cesión de los datos. Los gráficos han sido realizados con el programa de R Openair (Carslaw & Ropkins, 2012).

Referencias

- Alonso, L., Gangoiti, G., Navazo, M., Millán, M. M., & Mantilla, E. (2000). Transport of tropospheric ozone over the Bay of Biscay and the eastern Cantabrian coast of Spain. *Journal of Applied Meteorology*, 39(4), 475-486. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2000\)039<0475:TOTOOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2000)039<0475:TOTOOT>2.0.CO;2)
- Barry, R. (2008). *Mountain weather and climate* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511754753>
- Beard, J., Beck, C., Graham, R., Packham, S., Traphagan, M., Giles, R., & Morgan, J. (2012). Winter temperature inversions and emergency department visits for asthma in Salt Lake County, Utah, 2003–2008. *Environmental Health Perspectives*, 120, 1385-1390. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104349>
- Bello Fuentes, V. (2008). Las inversiones térmicas en el valle bajo del Henares. *Serie Geográfica - Profesora María de los Ángeles Díaz Muñoz, In Memoriam*, 14, 47–60. <https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/2069/04-inversiones.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Briz-Redón, Á., Belenguer-Sapiña, C., & Serrano-Aroca, Á. (2021). Changes in air pollution during COVID-19 lockdown in Spain: A multi-city study. *Journal of Environmental Sciences*, 101, 16-26. <http://doi.org/10.1016/j.jes.2020.07.029>
- Chachere, C. N., & Pu, Z. (2016). Connections between cold air pools and mountain valley fog events in Salt Lake City. *Pure and Applied Geophysics*, 173, 3187-3196. <https://doi.org/10.1007/s00024-016-1316-x>
- Chemel, C., Arduini, G., Staquet, C., Langeron, Y., Legain, D., Tzanos, D., & Paci, A. (2016). Valley heat deficit as a bulk measure of wintertime particulate air pollution in the Arve River Valley. *Atmospheric Environment*, 128, 208–215. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.12.058>
- Colgan, S., Sun, X., & Holmes, H. (2021). A novel meteorological method to classify wintertime cold-air pool events. *Atmospheric Environment*, 261, 118594. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118594>
- Diéguez, J. J., Calatayud, V., & Mantilla, E. (2014). *Informe Final, Memoria Técnica Proyecto CONOZE, CONTaminación por OZono en España*. CEAM, Fundación Biodiversidad. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Informe_t%C3%A9cnico_CONOZE-1-tcm30-187899.pdf
- Diéguez, J. J., Millán, M., Padilla, L., & Palau, J. L. (2009). *Estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por ozono troposférico en España*. CEAM, Fundación Biodiversidad. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/8_A_Informe%20final%20ozono-ceam%20Julio%202009_tcm30-188048.pdf
- Diémoz, H., Barnaba, F., Magri, T., Pession, G., Dionisi, D., Pittavino, S., Tombolato, I. K. F., Campanelli, M., Ceca, L. S. D., & Hervo, M. (2019). Transport of Po Valley aerosol pollution to the northwestern Alps—Part 1: Phenomenology. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 3065-3095. <https://doi.org/10.5194/acp-19-3065-2019>
- Duchi, R., Cristofanelli, P., Landi, T., Arduini, I., Bonafe, U., Bourcier, L., Busetto, M., Calzolari, F., Marinoni, A., Putero, D., & Bonasoni, D. (2016). Long-term (2002–2012) investigation of Saharan dust transport events at Mt. Cimone GAW global station, Italy (2165 m a.s.l.). *Elementa: Science of the Anthropocene*, 4, 000085. <https://doi.org/10.12952/journal.elementa.000085>
- Espín Sánchez, D., Ruiz Álvarez, V., Martí Talavera, J., & García Marín, R. (2018). Estudio preliminar de las inversiones térmicas en el sureste de la Península Ibérica: El caso de los campos de Hernán Perea. *Pirineos*, 173, e036. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2018.173003>
- Espín Sánchez, D., Olcina Cantos, J., & Conesa García, C. (2022). Satellite thermographies as an essential tool for the identification of cold air pools: An example from SE Spain. *European Journal of Remote Sensing*, 55(1), 586–603. <https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2133744>
- Fernández García, F., & Galán Gallego, E. (1983). Características térmicas del Valle del Tiétar. In Asociación Española de Geografía (Eds.), *Ponencias y comunicaciones: Coloquio de Geografía, VII* (Vol. 1, pp. 99-108). Pamplona, España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1227444>

- Fontserè, E. (1937). L'anomalia tèrmica de la Plana de Vic. *Memorias del SMC (Servei Meteorològic de Catalunya)*, 1(1), 40. <https://www.divulgameteo.es/uploads/Anomal%C3%ADa-t%C3%A9rmica-Plana-Vic.pdf>
- Gangoiti, G., Albizuri, A., Alonso, L., Navazo, M., Matabuena, M., Valdenebro, V., García, J. A., & Millán, M. (2006). Sub-continental transport mechanisms and pathways during two ozone episodes in northern Spain. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6, 1469-1484. <https://doi.org/10.5194/acp-6-1469-2006>
- Gangoiti, G., Millán, M. M., Salvador, R., & Mantilla, E. (2001). Long-range transport and recirculation of pollutants in the western Mediterranean during the project Regional Cycles of Air Pollution in the West-Central Mediterranean Area. *Atmospheric Environment*, 35(36), 6267-6276. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00440-X](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00440-X)
- García-Abad Alonso, J. J., & Carmona Elizalde, V. (1997). Estudio geográfico de las temperaturas en la Alcarria Suroriental (II): Análisis microclimático y cartografía en 1992. *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada*, 27, 171-196. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=53245>
- García Codron, J. C., & Bermejo Zubelzu, O. (1988). Consecuencias climáticas de la creación de un embalse: estadísticas y percepción. *Ería*, 16, 125-130. <https://doi.org/10.17811/er.0.1988.125-130>
- Glojek, K., Močnik, G., Dawn, H., Alas, C., Cuesta-Mosquera, A., Drinovec, L., Gregorič, A., Ogrin, M., Weinhold, K., Ježek, I., Müller, T., Rigler, M., Remskar, M., Pinxteren, D., Herrmann, H., Ristorini, M., Merkel, M., Markelj, M., & Wiedensohler, A. (2022). The impact of temperature inversions on black carbon and particle mass concentrations in a mountainous area. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22, 5577-5601. <http://doi.org/10.5194/acp-22-5577-2022>
- Gramsch, E., Cáceres, D., Oyola, P., Reyes, F., Vásquez, Y., Rubio, M. A., & Sánchez, G. (2014). Influence of surface and subsidence thermal inversion on PM_{2.5} and black carbon concentration. *Atmospheric Environment*, 98, 290-298. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.08.066>
- Green, M., Chow, J., Watson, J., Dick, K., & Inouye, D. (2015). Effects of snow cover and atmospheric stability on winter PM_{2.5} concentrations in Western U.S. valleys. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 54, 1191-1201. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-14-0191.1>
- Greilinger, M., & Kasper-Giebl, A. (2021). Saharan dust records and its impact in the European Alps. *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.827>
- Instituto Cántabro de Estadística (ICANE). (2024). Fichas municipales. https://www.icane.es/c/document_library/get_file?uuid=fbdc7390-fb07-4429-9190-9aff7b57aee4&groupId=10138
- Ivey, C. E., Balachandran, S., Colgan, S., Hu, Y., & Holmes, H. A. (2019). Investigating fine particulate matter sources in Salt Lake City during persistent cold air pool events. *Atmospheric Environment*, 213, 568-578. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.06.042>
- Jiménez, M. A., Ruiz, A., & Cuxart, J. (2015). Estimation of cold pool areas and chilling hours through satellite-derived surface temperatures. *Agricultural and Forest Meteorology*, 207, 58-68. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.03.017>
- Largerón, Y., & Staquet, C. (2016). Persistent inversion dynamics and wintertime PM₁₀ air pollution in Alpine valleys. *Atmospheric Environment*, 135, 92-108. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.03.045>
- López Gómez, A. (1975). Inversión de temperatura entre Madrid y la Sierra de Guadarrama con advección cálida superior. *Estudios Geográficos*, 36(138-139), 567-604. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2754791>
- Lundquist, J. D., Pepin, N., & Rochford, C. (2008). Automated algorithm for mapping regions of cold-air pooling in complex terrain. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113, D22107. <https://doi.org/10.1029/2008JD009879>
- Martínez Villagrasa, D., Conangla Triviño, L., Simó, G., Jiménez Cortés, M. A., Tabarelli, D., Miró Cubells, J. R., Miró, J., Peña, J., Pepin, N., Sairouni, A., & Montserrat, A. (2018). Key features of cold-air pool episodes in the northeast of the Iberian Peninsula (Cerdanya, eastern Pyrenees). *International Journal of Climatology*, 38, 1105-1115. <https://doi.org/10.1002/joc.5236>

- Martínez, D., Cuxart, J., & Cunillera, J. (2008). Conditioned climatology for stably stratified nights in the Lleida area. *Tethys*, 5, 13-24. <https://doi.org/10.3369/tethys.2008.5.02>
- Massagué, J., Escudero, M., Alastuey, A., Mantilla, E., Monfort, E., Gangoiti, G., García-Pando, C. P., & Querol, X. (2023). Spatiotemporal variations of tropospheric ozone in Spain (2008-2019). *Environmental International*, 176, 107961. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107961>
- Millán, M. M. (2014). Extreme hydrometeorological events and climate change predictions in Europe. *Journal of Hydrology*, 518B, 206-224. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.12.041>
- Millán, M. M., Mantilla, E., Salvador, R., Carratalá, A., Sanz, M. J., Alonso, L., Gangoiti, G., & Navazo, M. (2000). Ozone cycles in the Western Mediterranean Basin: Interpretation of monitoring data in complex coastal terrain. *Journal of Applied Meteorology*, 39(3), 487-508. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2000\)039<0487:OCITWM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2000)039<0487:OCITWM>2.0.CO;2)
- Millán, M. M., Salvador, R., Mantilla, E., & Kallos, G. (1997). Photooxidant dynamics in the Mediterranean basin in summer: Results from European research projects. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 102(D8), 8811-8823. <https://doi.org/10.1029/96JD03610>
- Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. (2023). Real Decreto 34/2023, de 24 de enero, por el que se modifican el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire; el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, aprobado mediante el Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre; y el Real Decreto 208/2022, de 22 de marzo, sobre las garantías financieras en materia de residuos. *Boletín Oficial del Estado*, (21), 10326-10348. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2023/01/24/34>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2024). *Histórico de informes de episodios naturales*. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/evaluacion-datos/fuentes-naturales/anuales.html>
- Miró, J. R., Peña, J. C., Pepin, N., Sairouni, A., & Aran, M. (2018). Key features of cold-air pool episodes in the northeast of the Iberian Peninsula (Cerdanya, eastern Pyrenees). *International Journal of Climatology*, 38, 1105-1115. <https://doi.org/10.1002/joc.5236>
- Mullen, C., Grineski, S., Collins, T., Xing, W., Whitaker, R., Sayahi, T., Becnel, T., Goffin, P., Gaillardon, P. E., Meyer, M., & Kelly, K. (2020). Patterns of distributive environmental inequity under different PM_{2.5} air pollution scenarios for Salt Lake County public schools. *Environmental Research*, 186, 109543. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109543>
- Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN). (2022). *Visitantes en la red de parques nacionales*. OAPN. <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/parques-nacionales-oapn/red-parques-nacionales/gestion/Visitantes-PPNN-2022.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- Pope, C. A. (1991). Respiratory hospital admissions associated with PM₁₀ pollution in Utah, Salt Lake, and Cache valleys. *Archives of Environmental Health*, 46, 90-97. <https://doi.org/10.1080/00039896.1991.9937434>
- Pu, Z., Pardyjak, E., Hoch, S., Gultepe, I., Hallar, A., Perelet, A., Beal, R., Carrillo-Cardenas, G., Li, X., Garcia, M., Oncley, S., Brown, W., Anderson, J., & Witte, J. (2023). Cold fog amongst complex terrain. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 104, E2030-E. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0030.1>
- Querol, X., Alastuey, A., Viana, M. M., Rodríguez, S., Artíñano, B., Salvador, P., Santos, S., Patier, R., Ruiz, C. R., de la Rosa, J., Verdona, A., Menendez, M., & Ibarguchi, J. (2004). Speciation and origin of PM₁₀ and PM_{2.5} in Spain. *Journal of Aerosol Science*, 35, 1151-1172. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2004.04.002>
- Querol, X., Massagué, J., Alastuey, A., Moreno, T., Gangoiti, G., Mantilla, E., Duéquez, J. J., Escudero, M., Monfort, E., Pérez García-Pando, C., Petetin, H., Jorba, O., Vázquez, V., de la Rosa, J., Campos, A., Muñoz, M., Monge, S., Hervás, M., Javato, R., & Cornide, M. J. (2021). Lessons from the COVID-19 air pollution decrease in Spain: Now what? *Science of the Total Environment*, 779, 146380. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146380>

- Ruiz Urrestarazu, E., & Galdos Urrutia, R. (2008). *Geografía del País Vasco*. Nerea.
- Seibert, P., Beyrich, F., Gryning, S. E., Joffre, S., Rasmussen, A., & Tercier, P. (2000). Review and intercomparison of operational methods for the determination of the mixing height. *Atmospheric Environment*, 34(7), 1001-1027. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00349-0](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00349-0)
- Seibert, P., Kromp-Kolb, H., Kasper, A., Kalina, M., Puxbaum, H., Jost, D. T., Schwikowski, M., & Baltensperger, U. (1998). Transport of polluted boundary layer air from the Po Valley to high-Alpine sites. *Atmospheric Environment*, 32, 4075-4085. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(97\)00174-X](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(97)00174-X)
- Silcox, G., Kelly, K., Crosman, E., Whiteman, C., & Allen, B. (2012). Wintertime PM_{2.5} concentrations during persistent, multi-day cold-air pools in a mountain valley. *Atmospheric Environment*, 46, 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.10.041>
- Silva, P., Vawdrey, E., Corbett, M., & Erupe, M. (2007). Fine particle concentrations and composition during wintertime inversions in Logan, Utah, USA. *Atmospheric Environment*, 41, 5410-5422. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.02.016>
- Solís, R., Toro, R., Gómez, L., Vélez-Pereira, A., López, M., Fleming, Z., Fierro, N., & Leiva-Guzmán, M. (2022). Long-term airborne particle pollution assessment in the city of Coyhaique, Patagonia, Chile. *Urban Climate*, 43, 101144. <http://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101144>
- Stull, R. B. (1988). *An introduction to boundary layer meteorology*. Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-3027-8>
- Tobías, A., Carnerero, C., Reche, C., Massagué, J., & Via, M., Minguillón, M. C. (2020). Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. *Science of the Total Environment*, 726. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138540>
- Unión Europea. (2008). Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 152, 1-44. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0050>
- Viana, M., Querol, X., Alastuey, A., Gangoiti, G., & Menéndez, M. (2003). PM levels in the Basque Country (Northern Spain): Analysis of a 5-year data record and interpretation of seasonal variations. *Atmospheric Environment*, 37, 2879-2891. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(03\)00292-9](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(03)00292-9)
- Whiteman, C. (1982). Breakup of temperature inversions in deep mountain valleys: part I. Observations. *Journal of Applied Meteorology*, 21, 270-289. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1982\)021<0270:BOTIID>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1982)021<0270:BOTIID>2.0.CO;2)
- Whiteman, C. (2000). *Mountain meteorology: Fundamentals and applications*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195132717.001.0001>
- Whiteman, C., Hoch, S., Horel, J., & Charland, A. (2014). Relationship between particulate air pollution and meteorological variables in Utah's Salt Lake Valley. *Atmospheric Environment*, 94, 742-753. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.06.012>
- Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*, 1(6), 80-83. <https://doi.org/10.2307/3001968>
- Wirth, E., Betancourt-Odio, M. A., Cabeza-García, M., & Zapatero-González, A. (2022). Footprints of COVID-19 on pollution in southern Spain. *Atmosphere*, 13, 1928. <https://doi.org/10.3390/atmos13111928>
- Wotawa, G., Kröger, H., & Stohl, A. (2000). Transport of ozone towards the Alps—Results from trajectory analyses and photochemical model studies. *Atmospheric Environment*, 34, 1367-1377. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00363-5](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00363-5)
- Yarnal, B. (1994). *Synoptic climatology in environmental analysis: A primer*. Belhaven Press. <https://doi.org/10.1002/joc.3370140116>

Classification of granitic relief in the territory of the Sertão Monumental Geopark Project, Brazil


Clasificación del relieve granítico del territorio del Proyecto Geoparque Sertão Monumental, Brasil

AUTHORSHIP

Alexandre Pinheiro

de Alcântara 

Government of Ceará State, Brazil.


Vanda de Claudino-Sales 

Federal University of Pelotas, Brazil.


João Luis Sampaio

Olímpio 

Federal Institute of Education, Campus Quixadá, Brazil.

Adriano Luís Heck Simon 

Federal University of Pelotas, Brazil.

Rubson Pinheiro Maia 

Federal University of Ceara, Brazil.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.27310>

CITATION

Alcântara, A.P., Claudino-Sales, V., Olímpio, J.L.S., Simon, A.L.H., & Maia, R.P. (2025). Classification of granitic relief in the territory of the Sertão Monumental Geopark Project, Brazil. *Investigaciones Geográficas*, (83), 57-73. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27310>

CORRESPONDENCE

Vanda de Claudino-Sales (vcs@ufc.br)

HISTORY

Received: 18 March 2024

Accepted: 8 October 2024

Published: 23 January 2025

(Advance publication: 18 November 2024)

TERMS

© 2025 Alexandre Pinheiro de Alcântara, Vanda de Claudino-Sales, João Luis Sampaio Olímpio, Adriano Luís Heck Simon, Rubson Pinheiro Maia

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

Abstract

The granitic relief is notable in the Brazilian northeastern landscape due to its resistance to geomorphological processes. In the territory of the Sertão Monumental Geopark Project, which covers the Ceará municipalities of Quixadá and Quixeramobim, there is a significant occurrence of the granitic features, with different shapes and sizes showing subsurface and surface processes. The Etchplanation Theory and morphodynamic studies enabled the analysis of the development of these forms, which was conducted through a literature review, fieldwork and photographic records. The features were classified into macroforms and microforms, taking into account their characteristics and origin. Macroforms are extensive plutonic bodies that stand out in areas of planation relief, exhibiting diverse morphogenetic characteristics, with varying sizes, including inselberg, inselberg, flagstones and vertical outcrops. The microforms were subdivided into features associated with weathering, saprolitization and fracturing, and include tafoni, “honeycomb”, karren, gnammas and flared slopes. This classification and hierarchization contributes to future research and further study on the subject of granitic relief.

Keywords: Geomorphological Taxonomy; Etchplanation; Granitic features; Inselberg; Geopark; Brazilian Northeast.

Resumen

El relieve granítico se destaca en el paisaje del nordeste brasileño por su resistencia a los procesos geomorfológicos. En el territorio del Proyecto Geoparque Sertão Monumental, que abarca los municipios cearenses de Quixadá y Quixeramobim, hay una presencia significativa de rasgos graníticos, con diferentes formas y tamaños que muestran procesos subsuperficiales y superficiales. La Teoría del Grabado y los estudios morfodinámicos permitieron analizar el desarrollo de estas formas, lo cual se realizó mediante revisión de literatura, trabajo de campo y registros fotográficos. Los rasgos se clasificaron en macroformas y microformas, teniendo en cuenta sus características y origen. Las macroformas incluyen inselberg, inselberg, losas y afloramientos verticales. Las microformas se subdividieron en características asociadas con la meteorización, la saprolitización y la fractura. Esta clasificación y jerarquización contribuye a futuras investigaciones y estudios sobre el tema del relieve granítico.

Palabras clave: taxonomía geomorfológica; etchplanación; formaciones graníticas; inselberg; geoparque; nordeste brasileño.

1. Introduction

Research on granite landscapes contribute to the understanding of Earth's history. As they are explored and studied, these remarkable formations enhance the knowledge of our planet's dynamic processes and provide valuable insights into landscape evolution and environmental changes over geological timescales. For this reason, granitic landscapes offer a rich field for scientific research, combining geological, geomorphological, and aesthetic aspects.

Granitic landscapes commonly have steep cliffs. The occurrence of such fields is common in arid and semi-arid climates (Matmon et al., 2013), but their origin is associated with erosion systems related to tropical and subtropical environment (Romer, 2007), where deep weathering gave rise to thick regoliths (Goudie, 2004) whose removal will occur in drier climates (Matmon et al., 2013).

Thus, it can be said that granitic relief is shaped by weathering and erosion processes influenced by climatic conditions and rock properties. This geomorphological action results in features such as massifs, inselgebirgs (grouping of large inselbergs: Dresch, 1957), inselberg fields and granitic platforms, among other features, which form relief patterns associated with fracturing and, above all, differential weathering due to the characteristics of the rocks.

The study of granitic landscapes is increasing in the last decades, as seen for example in the studies of Souza et al. (2023), Maia et al. (2022), Migón (2021), Vidal-Romaní et al. (2014), and following the works of Migón (2006) and Vidal-Romani and Twidale (2005), among others. Nevertheless, there are still much more to be done, considering that many features and particular granitic geofoms are not yet well understood (Souza et al., 2023).

The present paper aims to contribute to the dissemination of the scientific literature on granitic landscapes, considering the landscape of Northeastern Brazil. Effectively, granitic features are found in different areas of Northeastern Brazil, where ancient plutons were exposed due to tectonic activity in Neoproterozoic shear zones (Maia & Nascimento, 2018).

Until recently, these features were not recognized as the result of chemical weathering in a semiarid context. However, recent studies suggest that chemical weathering, associated with differential erosion, is responsible for transforming the rock surfaces in this region. The phases of chemical weathering that shaped these features occurred because of alternating wet and dry climates throughout the Cenozoic. The presence of inselbergs also indicates climatic changes throughout the Quaternary, and the theory of etchplanation suggests that the relief was shaped by the interaction between processes of chemical weathering and mechanical erosion affected by fluvial and pluvial erosion (Twidale, 2002; Bastos et al., 2022).

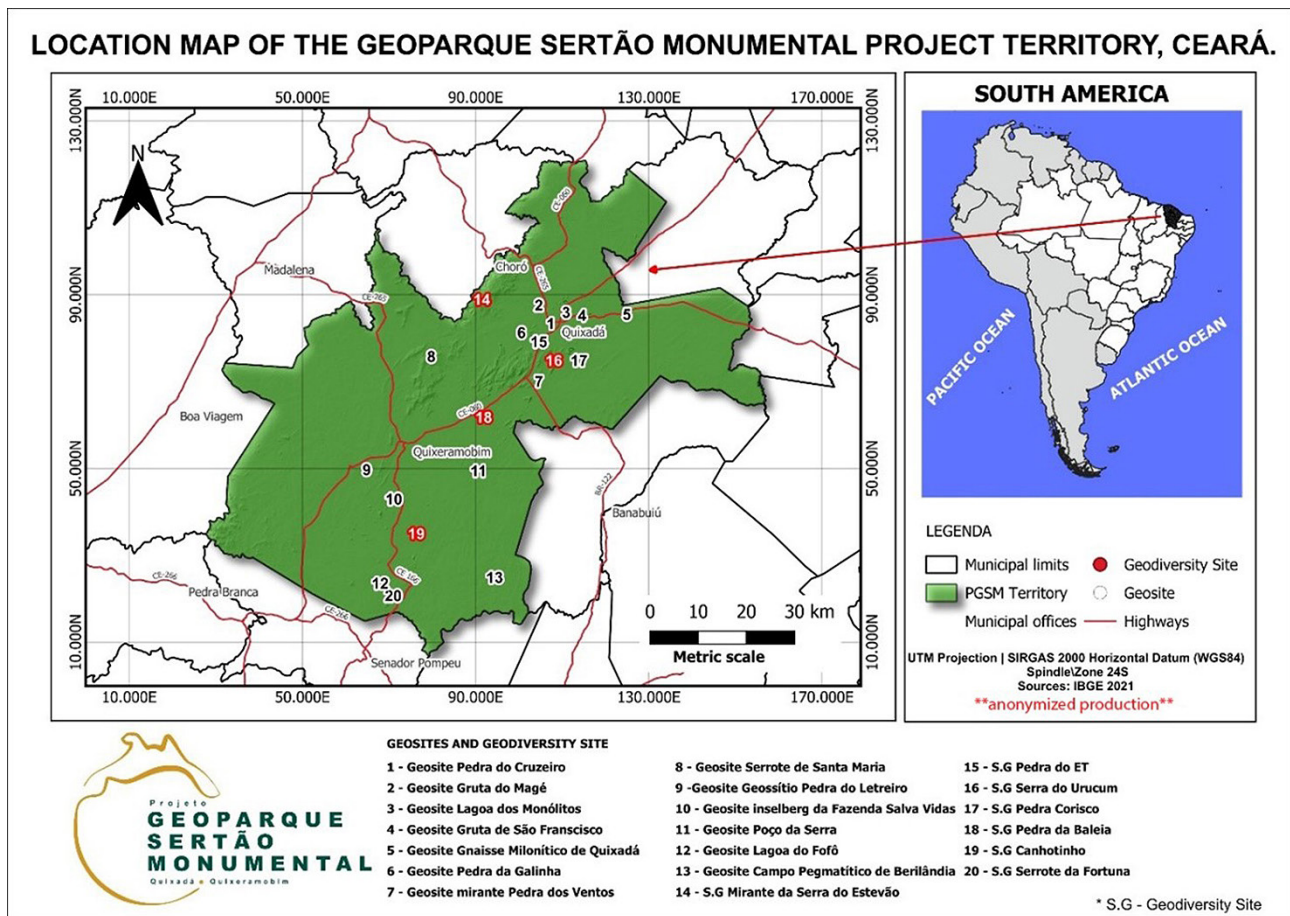
The article aims to identify and classify granitic relief features within the territory of the Sertão Monumental Geopark Project – a project that is in development, in order to be included in the list of UNESCO Global Geoparks in the future, covering a vast area in the municipalities of Quixadá and Quixeramobim, in Northeastern Brazil. For Geopark, it is understood a defined area where sustainable development is encouraged trough geoturism and geoconservation of the geodiversity (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2024). The present analysis of granitic landscape can thus be considered as a tool to help promote geodiversity.

2. Methodology

In the central hinterland of Ceará there is a granitic landscape with unique features and scenic beauty, made up of vast fields of inselbergs, located in the Quixadá - Quixeramobim batholiths. Within this territory comes the proposal to implement the Sertão Monumental Geopark (Figure 1), which covers the municipalities of Quixadá and Quixeramobim. In the area of this proposed geopark, 13 geosites and 7 geodiversity sites have been identified.

As far as the research method of this study is concerned, it was taken into consideration the etchplanation theory as the basis for explaining the current modeling of the granitic relief. The theory of etchplanation was proposed by Wayland (1933) to account for well-developed surfaces of erosion which the author proposed that were etched into a summit peneplain, in the terms proposed by Davis (1899) – which means, with horizontal evolution of the process of erosion (downwearing), but in tropical conditions. As attested by Goudie (2004), the etchplanation theory was only effectively accepted by the scientific community after a publication of Büdel in 1957. Though Büdel (1957) did not use the term etchplanation in this paper of 1957, he linked the theory of double planation to the theory of etching surfaces (Goudie, 2004).

Figure 1. Territory of the Sertão Monumental Geopark Project and location of its respective geosites and geodiversity sites



Source: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2023. Own elaboration

Few decades after Büdel’s (1957) discussion, Thomas (1989) detailed these ideas and presented a classification of different types of landscapes shaped by etching processes, including the type called “complex etchplain”. The complex etchplain is related to the removal of saprolite by pedimentation (“pedimented etchplain”), following the theory of pedimentation of King (1966).

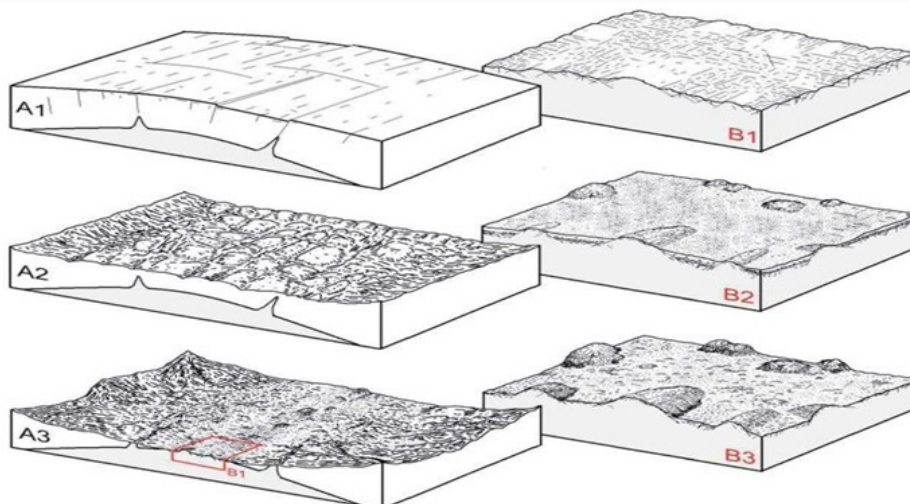
Later, in 1982, Büdel proposed that inselberg’s evolution was directly linked to the theory of etchplanation and pedimentation, as it was explained by Peulvast and Vanney (2001) and Peulvast and Claudino-Sales (2005). In this work, Büdel (1982) considered that the slopes evolved by a vertical process of subsequent retreat (backwearing) in semiarid conditions, also associated with alternation of climate humidity throughout geological times and evacuation of saprolites. In the present work, we follow Büdel (1982) proposition for the evolution of inselbergs, considering the study area’s landscape a pedimented etchplain, as it will be explained in the sequence.

The theory of dynamic etchplanation (Büdel, 1982), as presented here, brings to light *etchplains* linked to the geochemical and pedogenic processes of the alteration front associated with pedimentation. As it is stated by Büdel (1982) and explained by Salgado (2007), plateaus are formed and evolve through the double front mechanism by the exhumed *washing surface* and the basal weathering surface (*leaching surface*). Thus, the washing surface is the surface of the model, with mechanical processes predominating, while the basal weathering surface is irregular, located in the subsurface where the rock is leached, and chemical denudation predominates.

According to Maia et al. (2015), Büdel’s (1982) double planation model highlights that during wet periods there is a deepening of the alteration of the weathering mantle, while surface erosion occurs more vigorously during dry weather phases. With the progressive differential deepening of the alteration front, associated with surface erosion, the sectors of the basal weathering surface that have not undergone alteration gradually rise to the surface, giving place to inselbergs (Vitte, 2001; 2005).

The concept has been applied to tropical areas and can support the geomorphological interpretation of the development of granitic features in a semiarid environment (Maia et al., 2018). In the study area, the concepts of *backwearing*, i.e. parallel retreat of the slopes in a semiarid context (King, 1977), and especially etchplanation (Figure 2) were considered as the processes responsible for the genesis and evolution of the granitic landforms (A1 and B1).

Figure 2. Block diagram with geochemical and pedogenetic processes based on Büdel's theory (1982)



Source: Maia et al. (2015)

The figure 2 shows differential erosion and exhumation of batholiths. In A1, the magma rises and exerts pressure on the overlying crust, producing fracturing. In A2, fractures condition erosive processes, intensifying dissection. In A3, there is the formation of a depression surrounded by residual relief that allows the batholith to emerge. B1 shows the exhumed surface of the batholith. In B2, fractures facilitate the surface weathering process, creating a mantle of alteration. B3 is an erosional phase, where the alteration mantle is removed, exposing the irregularities of the basement, creating inselbergs. Steps B1, B2 and B3 were based on Büdel's (1957; 1982) double planation model.

The technical stages of the research were a bibliographical survey on the subject, following the works of Vitte (2001; 2005), Migón (2006), Salgado (2007), Maia et al. (2018), Maia and Nascimento (2018), Rocha et al. (2019), Bastos et al. (2022), Rodrigues et al. (2022). Fieldwork was then carried out, during which it was possible to identify and record in photographs the micro and macro features of granitic reliefs based on the taxonomic classification and hierarchization proposed by Bastos et al. (2022) and Maia and Nascimento (2018).

Field work allowed the classification of macro and microforms. This systematic permitted to better understand the dynamics and the evolution of the regional features throughout time. Macroforms were considered the larger relief structures present in the study area, resulting from long-lasting, large-scale geomorphological processes such as differential erosion. Classifying macroforms helped to identify geomorphological units, facilitating the understanding of the main features of the region's relief, and how the external forces shaped the territory over millions of years.

Microforms are smaller (or internal to larger forms) relief features. These shapes are generally the result of faster and more localized processes, such as the action of wind, water and gravity. The classification into microform was useful for providing a more detailed and accurate view of terrain variations on a smaller scale, and allowed to understand how processes such as weathering act on smaller and faster scales.

This classification in macro and microforms was essential for the geomorphological study of the Sertão Monumental Geopark Project, as it allowed a more complete and detailed analysis of the different scales of processes and forms that shaped the study area surface over time.

3. Results

The main objective of this research is to identify the granitic geofoms in the study region. The proposition of pedimented ectplain is of the fundamental theoretical bases for understanding the geomorphological evolution

of the granitic reliefs in the territory of the Sertão Monumental Geopark Project, considering the weathering-erosion processes associated with natural factors. In fact, this proposition is essential for explaining the origin of the reliefs found in the research area, providing solid and comprehensive support for understanding these geological features.

The impressive granitic landscapes that characterize the area analyzed in the present study are part of the geomorphological unit of the planed surface present in semiarid Northeastern Brazil and include *inselgebirgs*, *inselbergs*, *bornhardts*, *granitic platforms*, *boulders*, *tors*, *gnammas*, *flutings*, *tafoni* and more, all macro and micro geofoms present in the study area are explained in detail in the sections below.

Given the intricate complexity inherent in these features, it is crucial to consider both, their distinctive morphological nuances and their underlying genetic aspects. To this end, we present a categorization approach based on the distinction between macro and microforms, with subdivisions based on their dimensions and morphological characteristics.

The macroforms are the large-scale landforms that dominate the granitic landscape. Examples include *inselgebirgs* and *inselbergs*. The macroforms provide a broad perspective on the overall structure and topography of the area. The microforms are small-scale features, such as individual *tafoni* and *karren*. They help us understand localized processes and interactions within the landscape.

While macro and micro cover the extremes, it is worth to mention that there isn't a specific "mesoform" category: The combination of macro and micro provides a comprehensive framework for analyzing landscapes, from large-scale patterns to fine details, and suffice to explain the landscape, encompassing both the big picture and intricate details.

The formation of these features in granitic rocks results from processes prior to their exposure on the surface, as discussed by several authors, including Bastos et al. (2022) and previous works such as Maia et al. (2015; 2018), Maia and Nascimento (2018) and Rodrigues et al. (2022).

The main granitic features found in the research area are shown in the Table 1, that gives a general overview of the hierarchy of the taxonomic classification of the macroforms and microforms of granitic reliefs found within the territory of the Sertão Monumental Geopark Project.

Table 1. Macroforms and Microforms identified in the territory of the Sertão Monumental Geopark Project, in the municipalities of Quixadá and Quixeramobim. From the left to the right, the table is giving details of the type of features

Macroforms	<i>Inselgebirg</i>		
	<i>Inselbergs (Dissolution, Fracturing, Domic (Bornhardts) and Mixed)</i>		
	<i>Flagstones and vertical outcrops.</i>		
Microforms	Granitic blocks	Boulders	<i>Large Boulders</i>
			<i>Block Chaos</i>
	Tors		<i>Castle Koopies</i>
			<i>Nubbins</i>
			<i>Pedestal Rock</i>
	<i>Forms of dissolutions</i>		<i>Tafoni, Karren, Gnammas, Flared Slopes</i>
<i>Forms of fracturing</i>		<i>Split rock and polygonal cracking</i>	

Source: Maia et al. (2015, 2018); Maia & Nascimento (2018); Claudino-Sales (2020) and Bastos et al. (2022). Own elaboration

3.1. Macroforms (*inselgebirg*, *inselbergs*, *granitic platforms* and *vertical outcrops*)

In the Sertão Monumental Geopark Project, the macroforms are extensive plutonic bodies that stand out in areas of planation relief, exhibiting diverse morphogenetic characteristics and varying sizes. Their formation is related to the exposure of resistant matrix rock to weathering processes while still below the surface (Rodrigues et al., 2022; Bastos et al., 2022; Maia et al., 2018; Maia and Nascimento, 2018; Peulvast and Claudino-Sales, 2005). In the project territory, *inselgebirg*, *inselbergs*, *granitic platforms* and *vertical outcrops* have been identified.

3.1.1. Inselgebirg and Inselbergs

A residual form present in the study region is the *inselgebirg*, granitoid bodies with topographic elevations that can be elongated, isolated or grouped together. They represent groups of aligned inselbergs, or large inselbergs that do not reach the size of massifs. Within this hierarchical perspective in terms of the size of the residual reliefs, the inselberg can be classified as the smallest (<10 km²) and the *inselgebirg* with an intermediate size (between 10 and 50 km²) (Bastos et al., 2022).

The “Serra dos Macacos” *inselgebirg* (Figure 3) is classified as a clustered type, with an area of around 45 km². Macroforms such as *inselgebirg* play significant roles in the landscape and in understanding the geological evolution of the region, demonstrating the complex interaction between geodynamic and geomorphological processes over time.

Figure 3. *Inselgebirg* called “Serra dos Macacos” on the banks of the CE-060, Ouro Preto, Quixadá, Ceará



Photograph by Alexandre Pinheiro de Alcântara

3.1.2. Granitic Platforms and vertical outcrops

Granitic Platforms, also known as Flagstones (lowered granitic surfaces), as well as vertical outcrops, were also classified as macroforms (Figure 4). These are outcrops that are associated with the limitations of pedogenetic actions, both due to slope and severe climatic conditions (Bastos et al., 2022).

In the territory of the Sertão Monumental Geopark Project, these features are distributed in various places, from areas surrounding the base of the *inselberg* to grouped areas of low relief on the planed surface.

Figure 4. A: Extensive granitic platform. B: Vertical outcrop with collapsed cliffs, Quixeramobim, Ceará



Photograph by Alexandre Pinheiro de Alcântara

The flagstones outcrop at various points in the Quixadá and Quixeramobim batholiths, mostly with the presence of cavities “filled” with sediments transported from adjacent elevated areas and later developing the colonization of rupicolous vegetation.

3.2. Microforms

The microforms of granitic reliefs are features mostly present inside the macroforms, representing details of the larger features. They can be isolated forms, and have horizontal, vertical and irregular disposition. The microforms can reach dozens of meters, and correspond to features associated with granitic blocks (*boulders*, *block chaos*, *tors*, *nubbins*, *castle koopies* and *pedestal rock*), dissolution forms (*tafoni*, *alveoli/honeycombs*, *karren*, *dissolution basins* and *flared slopes*) or fracturing (*split rock* and *polygonal cracking*) (Maia et al., 2018).

3.2.1. Microforms associated with weathering and erosion processes (boulders and block chaos)

These features are remnants of the rock alteration process, the *grus*, which are loose blocks of the parent rock. They reveal evidence that the erosive phases, which occurred during periods of intense morphogenetic activity, partially removed the friable debris resulting from the initial weathering. These traces bear witness to the evolution of the relief over time and provide valuable information about the geological characteristics of the region (Maia et al., 2018).

In the territory of the Sertão Monumental Geopark Project, prospecting has revealed saprolite microforms, including boulders, block chaos, tors, castle koopies and pedestal rock.

Boulders, granitic formations common in various climatic regions, are resistant and originate in the mantle of subsurface weathering. When exposed at the surface, they are called *in situ* boulders (Migón, 2006). According to Bastos et al. (2022), *boulders* form in the alteration mantle as part of the saprolitization process, later developing into *grus*. *Boulders* are sensitive to subsurface physical-chemical weathering processes, resulting in spheroidal exfoliation, where their edges round off to form rounded, elongated chips. When the weathering mantle is completely eroded, the boulders are exposed on the surface, now known as *corestone* or *boulder in situ* (Figure 5). This process illustrates the transformation of rock formations over time due to the action of weathering and erosion.

Figure 5. Example of an *in situ* boulder with decametric proportions and an advanced process of rounding (spheroidal exfoliation) located at the Inselbergs geosite at Fazenda Salva Vidas, Quixeramobim, Ceará

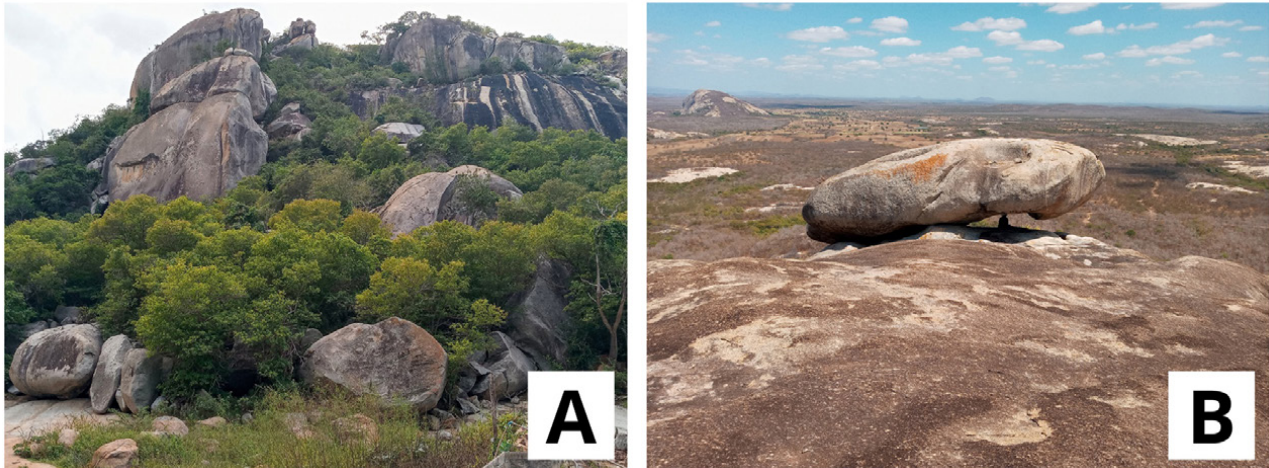


Photograph by Alexandre Pinheiro de Alcantara

The block chaos (Figure 6a) represents rock cores unaffected by weathering within the weathering mantle. After the production of *grus*, these cores can remain in their original position or be moved along steep slopes by the action of gravity. In rugged terrain, blocky chaos forms dense concentrations of *corestones*, often found in valley bottoms.

Another common feature of saprolitization in granitic reliefs is the *tor* (Figure 6b). Several theories seek to explain their origin, and Büdel's *Etchplanation* Theory (1982) is widely accepted as the most coherent explanation for the development of these formations. According to Rocha et al. (2019), *tors* are residual granitic blocks exposed and supported by underlying rocks that were later released onto rock surfaces. The author highlights the two-stage theory (*etchplanation*) as the most suitable for explaining these relief features, which involve a double process of planing.

Figure 6. A: Chaos of blocks on the “Pedra do Corte” inselberg, Inselbergs Fazenda Salva Vidas geosite, Quixeramobim, CE; B: Isolated tor located on top of Inselberg, Serra do Meio. Quixeramobim, Ceará



Photograph by Alexandre Pinheiro de Alcântara

Tors appear in isolated or grouped forms (alignment of blocks) and are found on high reliefs (tops of inselbergs) or shallow reliefs (vertical outcrops). As well as being common in crystalline terrain, there are *tors* in other lithologies with mineralogical characteristics such as sandstones in sedimentary and metamorphic regions through quartzite or gneiss (Migón, 2006; Bastos et al., 2022).

Castle koopies (figure 7), also known as “castle *inselbergs*”, are formed by blocks of rock literally stacked on top of each other. Unlike *tors*, which are quite common in various types of lithological terrain, *castle koopies* are less common features, although they are found in various climatic zones.

Figure 7. Castle Koopies feature in the municipality of Quixadá, Ceará



Photograph by Alexandre Pinheiro de Alcântara

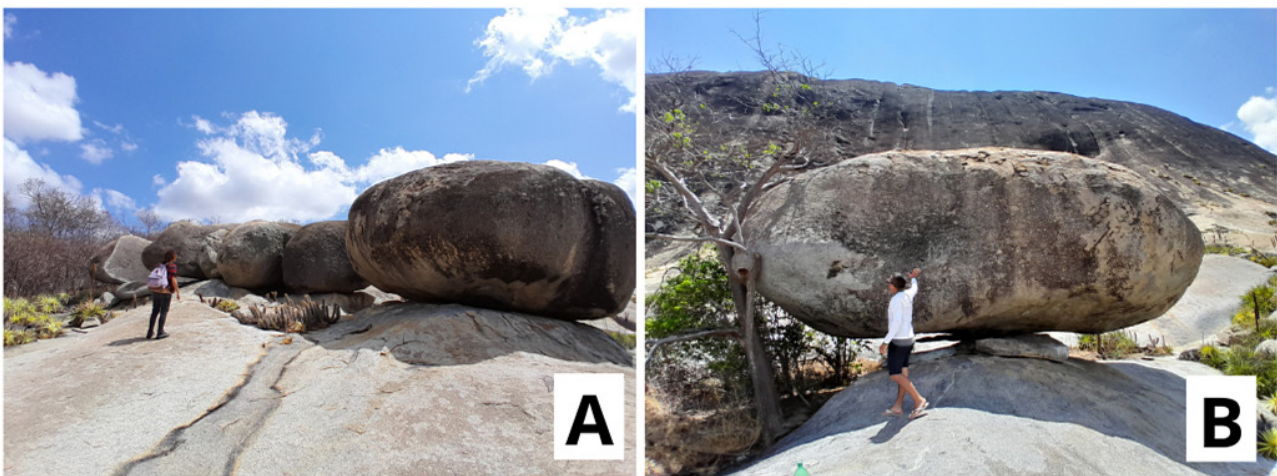
As it is a microform of saprolitic origin, its development also takes place in the subsurface, even before the alteration mantle (*grus*) is removed, so once it is exhumed, it will be structured by a massive lower base, while the upper part will be formed by orthogonal blocks fractured with edges (Migón, 2006; Maia et al., 2018; Maia & Nascimento, 2018).

Generally speaking, *castle koopies*, in terms of topographic elevations, are smaller than *Bornhardts* and have a lower and less extensive morphology, as well as being features that are only found *in situ* (Bastos et al., 2022).

Other common forms with scattered blocky residues of accreted forms are *nubbins* (Figure 8a). According to Migón (2006), *nubbins* are described as a chaotic mass of detached rock compartments, which can have angular, rounded or beveled shapes. They are characterized by being disorganized due to the exposure of their features and the evacuation of *grus* (loose rock fragments). *Nubbins* are rock formations that appear to be the result of processes of weathering and exposure in specific geological environments and can have a variety of shapes and characteristics according to the conditions in which they were formed.

The last feature in the group of saprolitization microforms is the *pedestal rock* (Figure 8b). According to Migón (2006) and Lima and Bastos (2018), *pedestal rock* basically consists of a pillar or rod that will support a much larger top and the base at the bottom, the result of efficient subsurface weathering.

Figure 8. A: Nubbins agglomerated in rectilinear shapes; B: Pedestal Rock with a lower pillar supporting a rock block of decametric dimensions, both located in Serra do Meio, Quixeramobim, CE



Photograph by Alexandre Pinheiro de Alcantara

3.2.2. Microforms associated with dissolution (Tafoni, “honeycomb”, karren, gnammas and flared slopes)

In the Sertão Monumental Geopark Project, various dissolution microforms have been identified, including *tafoni*, *alveoli/honeycombs*, *karrens*, *gnammas* and *flared slopes*. *Tafoni* are cavities present on rock surfaces, varying in size and shape, and are common in medium to coarse-grained granitics, metamorphic and sedimentary rocks. Generally found at high points *in inselbergs*, *tafoni* have polygenic and polyform characteristics intensified by weathering. Migón (2006) classifies *tafoni* into three types (Figure 9) depending on the position of the cavity opening: *wall tafoni*, *basal tafoni* and *collapse tafoni*. The origin of *tafoni*, although present in various climatic zones, is still the subject of research (Migón, 2006; Lima & Bastos, 2018).

Figure 9. A: Red arrows indicate the distribution of wall tafonis, Quixadá, Ceará; B: Decametric boulder with large basal tafone cavity, Quixadá, Ceará; C: Picture shows the formation of tafone in the initial process at the Fazenda Salva Vidas inselberg geosite, Quixeramobim, Ceará



Photograph by Alexandre Pinheiro de Alcantara

The formation of *tafoni* is an initial weathering process, occurring mainly along fractures, where water can percolate or be retained, as observed by Maia et al. (2022). These fractures act as preferential paths for water infiltration, accelerating weathering. The action of water, over time, widens the internal depressions through flaking and granular disintegration.

During the fracturing phase, before collapse, the cavity enlarges, creating weathering niches where the temperature and humidity conditions vary in proportion to the removal of material. In the collapse phase, the cavity expands through the formation and coalescence of patterns leading to the formation of tafoni. Basal tafoni are also worth mentioning, as they form at the bases of rock blocks.

This phenomenon, according to Maia and Nascimento (2018) and Bastos et al. (2022), occurs due to the irregular contact of the rock blocks with the surface, forming openings which, over time, suffer progressive flaking and granular disintegration, intensified by the chemical wear on the rock and the protection provided by the solar shadow zone.

Inside the tafoni (Figure 10), there are microforms of cavernous weathering known as *honeycombs*, related to arid and semiarid environments. The granulometry of the rock influences the size of the honeycombs, being smaller in fine grains and larger in large grains, as observed by Maia et al. (2018) and Maia and Nascimento (2018).

Figure 10. Advanced stage collapse tafoni with numerous honeycombs in the inside the cavity, in the “Witch’s Head” (Cabeça da Bruxa) inselberg, Quixadá, Ceará



Photograph by Alexandre Pinheiro de Alcântara

However, in terms of size, the honeycombs have smaller spatial features and are distributed in the shape of circular concave niches. Their appearance is reminiscent of the honeycombs in bee hives, which in some scientific texts are called by this denomination. Their origin is still not very well explained.

Karrens are grooved features generally found in transverse positions on inclined or vertical rock surfaces, varying in size and sinuosity (Migón, 2006). Internationally, the terminology “*karrens*” is the most widely used, while regionally, in northeastern Brazil, the popular term “*caneluras*” is used. The geographical distribution of *karrens* around the globe is most common in climatic zones of arid and semiarid regions (Migón, 2006).

Karrens (Figure 11) can be identified on the rock surface in isolation or in groups, by means of U-shaped grooves followed by parallel lines from top to bottom, forming a kind of drainage network associated with the surface runoff of rainwater. Although these features are commonly associated with karst lithologies, such as limestone, there are many examples in granitic landforms, such as *inselbergs* and *boulders*, developing on sloping and vertical surfaces.

According to Bastos et al. (2022), *karrens* play an important role in the flow of water from rainfall, forming drainage concentrations of shallow and narrow furrows. At specific points, very wide and deep furrows can

form, known as “mega *karrens*” (Maia et al., 2018), where at points of deposition of transported sediments they will form installations of rupicolous vegetation (Olimpio et al., 2021). According to Maia et al. (2018), karrens are more frequent in rocks that have a higher incidence of mafic minerals composed of biotite and porphyritic textures, as rocks with small phenocrysts, immersed in a fine-grained to dense matrix; or in felsic granitics with higher incidences of quartz and feldspar minerals.

Figure 11. Karrens distributed in lines of parallel furrows on support Abrupt rocky outcrop in the “Pedra da Gaveta” Inselberg, Inselbergs geosites of Fazenda Salva Vidas, Quixeramobim, Ceará



Photograph by Alexandre Pinheiro de Alcantara

Gnammas or dissolution basins, also known as “weathering *pits*”, have different names in different regions of the world. In Australia, they are called *gnammas*. In German, they can be referred to as *verwitterungsnäpfe*, *opferkessel*, *baumverfallspingen*, *felsschüssel* and *dellen*. In Poland, they are known as *kociolki*. In Spanish, the names vary between *pias*, *cassolas* and *pilancones*. In French, they are called *tanks* and *vasques* (Migón, 2006).

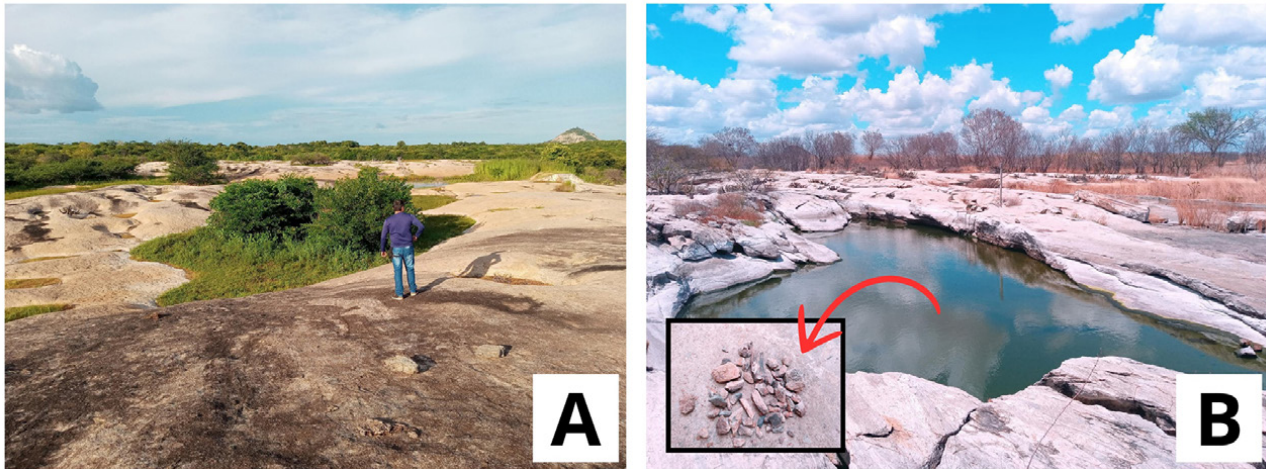
Gnammas are cavities exposed in rocky substrates and are common in various terrains of different lithologies. They are often found in granitic terrain rocks and are widely distributed in various climatic zones of the globe (Bastos et al., 2022). They have ellipsoidal, oval or circular features, with diameters ranging from 0.5m to decametric proportions, and can occur in isolated or interconnected forms, serving as exultories for storing water.

The *gnammas* (Figure 12) are well-known features in inland areas of northeastern Brazil, known as “tanks” or “sinks”, places where the countryside people remove the sediment deposited at the bottom of the concave depression through excavations, in order to store rainwater and guarantee a water supply for a few months during periods of drought. It offers availability of water for fauna and, later, for the local population during periods of drought. In some cases, fossils from Pleistocene megafauna are found filled in by sandy-clay sedimentary deposits, with fossil content from Cenozoic megafauna. Thus, and according to Waldherr et al. (2022), tanks are stockpiles and storage areas.

Flared slopes are associated with paleo-levels of weathering occurring at the base of vertical outcrops (Migón, 2006) and can be decimetric to metric in size. They can occur at various altimetric levels one above the other, known as *multiple flares*. This feature is described in various parts of the world and is best developed in granitic terrain, occurring more frequently in basal areas of inselbergs and on the sides of rock blocks (*boulders*).

According to Maia et al. (2018), *flared slopes* (Figure 13) represent a particular corrosion feature or *weathering front* that develops at the foot of foothill escarpments, resulting from the attack of moisture on massive rocks that have subsequently been exposed. According to Bastos et al. (2022), the etchplanation model explains the evolution of these forms. This model suggests that *flared slopes* develop in the subsurface during a period of surface stability and are later exposed, revealing their characteristic configuration.

Figure 12. A: Arrows indicating *gnammas* filled with sediment and vegetation cover; B: Gnamma excavated to store rainwater. Traces of fossils of Pleistocene megafauna are usually found inside. Quixeramobim, Ceará



Photograph by Alexandre Pinheiro de Alcântara

Figure 13. Flared slopes concavity associated with paleo-level weathering on the middle slope of the “Pedra Faladeira” inselberg, Cedro reservoir, Quixadá, Ceará



Photograph by Alexandre Pinheiro de Alcântara.

3.2.3. Microforms associated with fracturing (Split Rock and Polygonal Cracking)

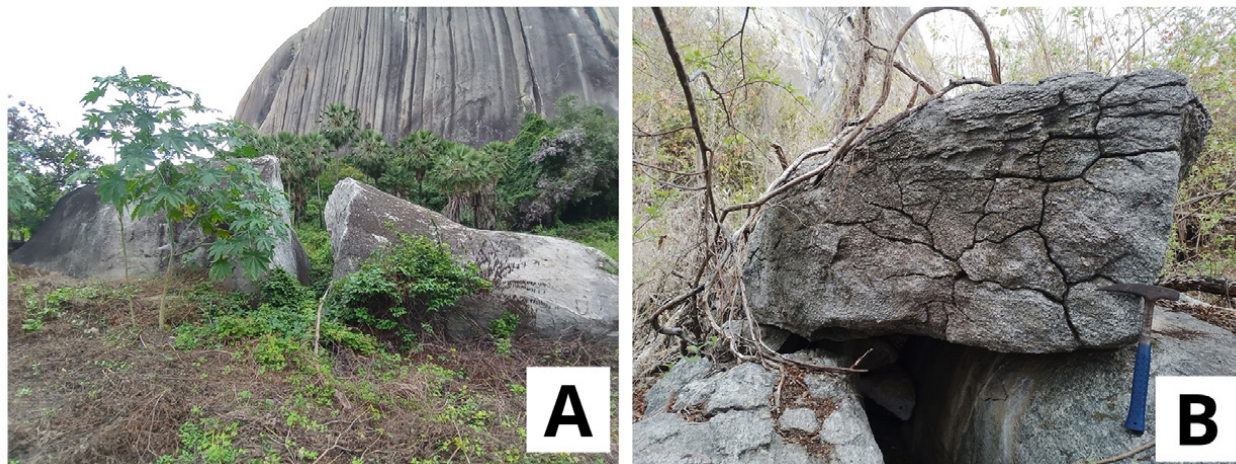
Microforms associated with fracturing occur in the area studied: *Split Rock and Polygonal Cracking*. They were classified due to their morphological aspects of fracturing, as well as their singularities and lesser occurrences.

These features were categorized in this way because their morphology indicates that they originated from fracturing processes. It is important to note that some dissolution features also have fractures associated with their formation and development (Maia et al., 2018). The development of the *split rock* (Figure 14a) is related to the fragmentation of large rocks along a single fracture, resulting in the splitting of these rocks into two parts. This occurs because the action of gravity exerts stress on the rock, causing it to break along a single fracture (Lima & Bastos, 2018).

Polygonal cracking (Figure 14b) involves the formation of a network of diaclases on the surface of rock outcrops, with varying geometries. When this network of diaclases is well developed, the rock takes an appearance similar to a turtle shell (Migoñ, 2006). As for its origin, Maia and Nascimento (2018) indicate that it is the result

of the joint action of chemical and physical weathering processes, which act along the rock's fractures. In short, fracturing microforms, such as *split rock* and *polygonal cracking*, represent geomorphological patterns that originate from fracturing processes in rocks.

Figure 14A: *Split Rock* in a fractured rock block resulting from gravity and stress on the rock; B: *Polygonal Cracking* with cracks on the surface of rock outcrops, Quixeramobim, Ceará



Photograph by Alexandre Pinheiro de Alcantara

While *split rock* involves the breaking of large rocks along a single fracture, polygonal cracking forms an intricate network of fractures on the surface of the rocks. The formation of these features can be influenced by the combined action of chemical and physical processes, playing an important role in shaping geological landscapes.

4. Discussion of results

The interest in identifying relief features in granites is related to understanding the geomorphological and paleoclimatic evolution of the study region. Granites, due to their strength and structural characteristics, form distinct landscapes that can reveal a lot about geological and climatic processes over time.

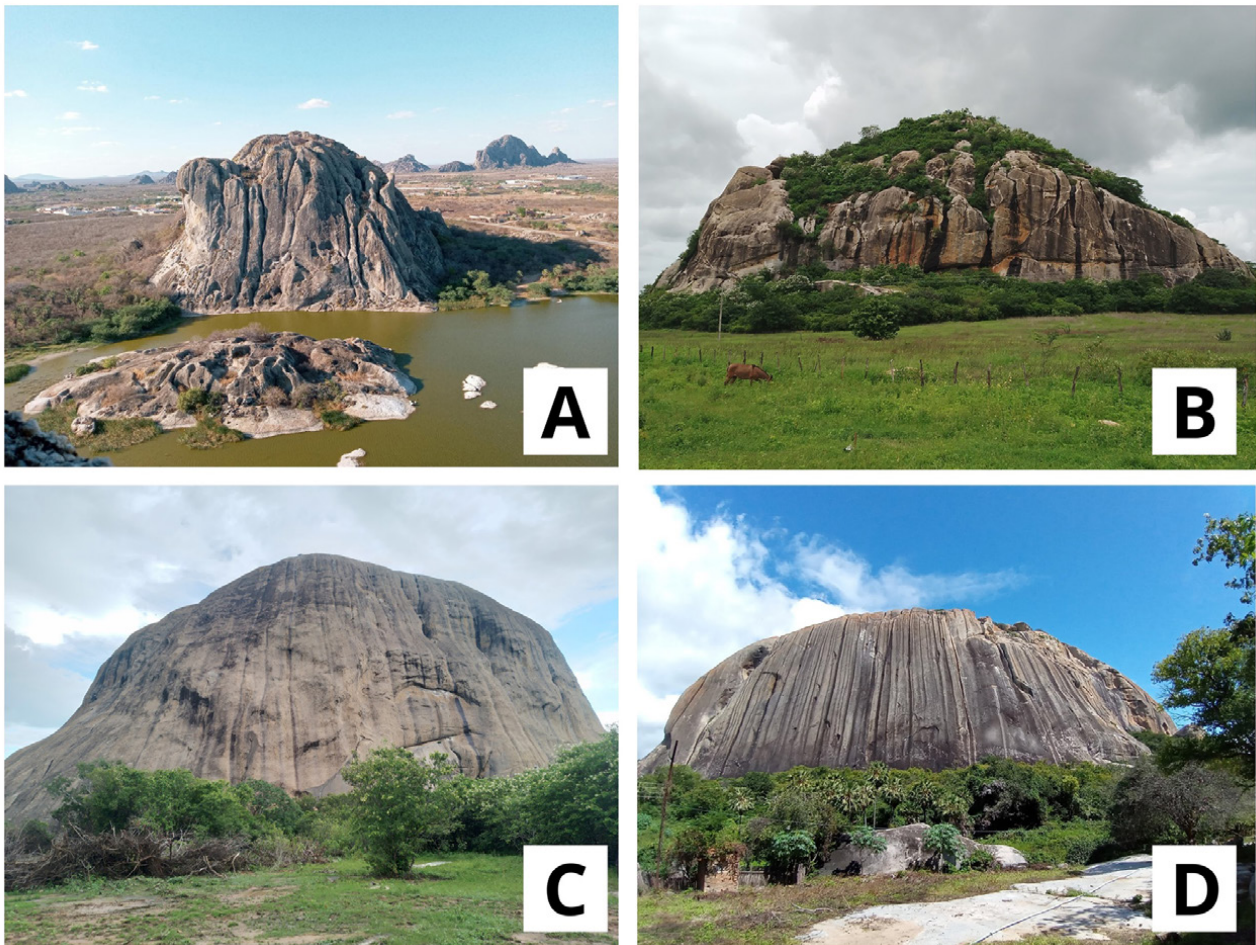
The results obtained from the research indicates that the area is effectively very rich in terms of these granitic features. The inselberg field of Quixada and Quixeramobim is indeed one of the most expressive concentrations of such geofoms in the world (Souza et al., 2023). This context seems to result of the combination of the occurrence of an important neoproterozoic geological structure (a batholith of large proportions: Pineo et al., 2020) with climatic shifting conditions (from dry to more humid) during the Neogene.

It is worth noting that the term “*Inselberg*”, originally from German, means something like “rock island”, or “mountain island”, and was proposed by *Wilhelm Bornhardt* at the end of the 19th century. The concept is commonly associated with relief formations that arise from the lowering of surrounding areas. These formations are common in arid and semiarid climates, as the Quixada and Quixeramobim area, although their origin is mainly linked to tropical and subtropical erosion processes. In these environments, the removal of thick regolith, formed by deep weathering, results in these characteristic topographic elevations.

A study by Maia et al. (2015) investigated the *inselbergs* of Quixadá, classifying them into three types: 1) Dissolution, characterized by dissolution features such as karrens and *gnammas*; 2) Fracturing, predominantly marked by fractures and block collapse; 3) Domic, showing intact rocky escarpments as shown in Figure 3. Claudino-Sales (2020) added a fourth type, the “mixed”, in which an inselberg shows characteristics of dissolution and fracturing, for example, in the same granitoid (Figure 15). These are the mainly characteristics that were found in this study, as was seen in item 3, what corroborates these authors' points of view.

In the study area, it was possible to conclude that the macroforms of granitic relief have their origin intrinsically linked to rocky bodies of remarkable spatial extension. These unique features emerge from rocky portions that exhibit less fracturing compared to the surrounding areas. This marked difference in the rate of ablation over time results in these macroforms being more clearly projected onto the landscape, standing out as dominant and iconic elements.

Figure 15. The 4 types of inselbergs according to the morphogenetic classification of Maia et.al (2015) and Claudino-Sales (2020). A: Type 1, dissolution, Complexo do Eurípedes geosite, Quixadá, CE; B: Type 2, fracturing, São João dos Pompeus, Quixadá, CE; C: Type 3, dome (massif), Lagoa do Fofô geosite, Encantado, Quixeramobim, CE; D: Type 4, mixed, geosite Inselbergs da Fazenda Salva Vidas, Quixeramobim, CE



Source: Alexandre Pinheiro de Alcântara

On the other hand, the genesis of granitic relief microforms is substantially more diverse. These microforms have their origins linked to different processes. The granitic blocks that make up some of the microforms were previously individualized below the surface and then exposed by geological processes. In contrast, the microforms related to weathering are the result of the selective dissolution of less resistant minerals, while those originating from fracturing are the result of physical breaks in the granitic blocks.

In this context, the etchplanation model, combined with morphodynamic processes, has served as a fundamental tool for understanding the formation and evolution of both macroforms and microforms in granitic settings. However, despite considerable progress, there are still gaps in understanding, particularly regarding the intricate development of structures such as tors, tafoni and honeycombs.

Studying these features helps to understand the weathering and erosion processes that shape the relief. Furthermore, the identification of these features has practical applications, such as in geotourism planning and environmental conservation, as many of these formations are of great scenic and scientific value.

In terms of geodiversity, the geomorphic elements of the Quixadá and Quixeramobim inselberg field are much more important than any other constituent of the abiotic environment. If we consider that the geomorphological landscape attracts more attention than any other element of the physical environment, it is obvious that it increases the possibilities of the development of geotourism activities, what is crucial for the establishment of a Geopark. The inventory of the geomorphic features, as exposed here, increases the chances of the growth of important economic activities linked to geotourism in the area. This will induce the installation of a sustainable development on the region, which would be anchored on the inselbergs' dynamics analysis and popularization, by the means of geoeducation, what helps to develop actions of geoconservation. These

elements are necessary, they are even the basis, for the existence of a Geopark in the territory of Quixada and Quixeramobim, in the Northeast region of Brazil.

5. Conclusions

Studies on granitic features from around the world reveal a fascinating diversity in geological processes, weathering patterns, and landscape formations. Features like boulders, tors, and inselbergs are prominent in granite landscapes. These formations give granite terrains their distinctive appearance and have been studied extensively to understand their geological formation and evolution – but not their geomorphology. Effectively, despite their importance, they are underrepresented in geosciences research all over the world. Nevertheless, granite landscapes are significant components of global geoheritage. It is here considered that studies as the one presented here enhance the understanding of granite's role in shaping the Earth's surface and its significance in geoheritage and geodiversity, and should be reproduced in other regions of the world.

Indeed, the present study contributes to the better understanding of the granitic geoforms, not only in the research area, but also from a general perspective. Effectively, many regions of the world present granitic landscapes, but the classification of the features, especially at the micro level, still lack of details. Such a situation is exemplified considering the relatively scarcity of specific publications in the international literature that go in this direction. The complexity of these phenomena suggests that future research is essential to fill these gaps and deepen our understanding of the origin and evolution of these fascinating manifestations of granitic relief.

The aesthetic values of granitic landscapes are inducing the growth of geotourism all over the world (Migon, 2021). For this reason, it seems imperative that we know better the processes responsible for its formation, to contribute not only to the production of knowledge about these features, but also to help improve geotourism itself - and as much important as that, to promote geoconservation. These elements, together, are essential for the installation of a Unesco Global Geopark in the study area.

References

- Bastos, F. H., Lima, D. L. S., Cordeiro, A. M. N., & Maia, R. P. (2022). Granitic relieves of the Brazilian northeast: a taxonomic proposal. In Carvalho Junior et al. (Org.), *Brazilian geomorphology literature reviews* (pp. 733-758). Universidade de Brasília. <https://doi.org/10.26512/9786586503852.c26>
- Büdel, J. (1957). Die 'doppelten Einebnungsflächen' in den feuchten Tropen, *Zeitschrift für Geomorphologie*, 1(2), 223-225.
- Büdel, J. (1982). *Climatic Geomorphology*. Princeton University Press.
- Claudino-Sales, V. (2020). Potentialities of geodiversity: monoliths of Quixadá. In *Cycle of Lectures: Know to AMMAr and Preserve*. <https://www.youtube.com/watch?v=s6TR7ITr0oA>
- Davis, W. M. (1899). The Geographical Cycle. *The Geographical Journal*, 4, 441-504. <https://doi.org/10.2307/1774538>
- Dresch, J. (1957). Pediments et glacis d'érosion, pediplains et inselbergs. *Information Géographique*, 21(5), 183-196. <https://doi.org/10.3406/ingeo.1957.1748>
- Goudie, A. S. (2004). *Encyclopedia of Geomorphology* (vol. 1). Routledge.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2023). Área territorial brasileira 2022.
- King, L. (1966). The origin of bornhardts. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 10, 97-98.
- King, L. (1977). *The Morphology of the Earth*. Oliver & Boyd.
- Lima, D. L. S. & Bastos, F. H. (2018). Geomorfologia em Granito – estudo das feições graníticas no Maciço de Uruburetama, Brasil. *Anais do XII Sinageo*. <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/3/3-121-1982.html>
- Maia, R. P., Bezerra, F. H. R., & Nascimento, M. A. L. (2015). Geomorphology of the Quixadá Inselbergues Field, Northeast Of Brazil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 16(2). <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/651>
- Maia, R. P., Bastos, F. H., Nascimento, M. A. L., Lima, D. L. S., & Cordeiro, A. M. N. (2018). *Granitic landscapes of the Northeast*. UFC Editions.
- Maia, R. P., Bastos, F. H., & Waldherr, F. R., do Nascimento, M. A. L., & Auler, A. S. (2022). Brief considerations on tafoni in inselbergs: genetic and morphostructural aspects. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 23(4), 1792-1811. <https://doi.org/10.20502/rbg.v16i2.651>
- Maia, R. P. & Nascimento, M. A. L. (2018). Granitic Reliefs of Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Geomorphology*, 19(2). <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1295>
- Matmon, A., Mushkin, Y., Enzel, T., Grodek, K., & Aster, T. (2013). Erosion of a granite inselberg, Gross Spitzkoppe, Namib Desert. *Geomorphology*, 201, 52-59. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.06.005>
- Migón, P. (2006). *Granitic Landscapes of the World*. OUP Oxford. <https://doi.org/10.1093/oso/9780199273683.001.0001>
- Migón, P. (2021). Granite Landscapes, Geodiversity and Geoheritage—Global Context. *Heritage*, 4(1), 198-219. <https://doi.org/10.3390/heritage4010012>
- Olímpio, J. L. S., Monteiro, F. A. D., Freitas, L. C. B., Almeida, L. T., Alcântara, A. P., Loureiro, C. V., Nascimento, M. L., & Maia, R. P. (2021). What do we know about the inselbergs of Quixadá and Quixeramobim, Northeast Brazil? *William Morris Davis - Journal of Geomorphology*, 2(1), 1-24. <https://williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/download/107/89/233>
- Pineo, T. R. G., Palheta, E. S. M., Costa, F. G., Vasconcelos, A. M., Gomes, I. P., Gomes, F. E. M., Bessa, M. D. M. R., Lima, A. F., Holanda, J. L. R., & Freire, D. P. C. (2020). *Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Ceará*. Escala 1:500.000. Ed. CPRM.
- Peulvast, J-P. & Claudino-Sales, V. (2005). Surfaces d'aplanissement et géodynamique. *Geomorphologie-relief, processus, environment*, 11(4), 249-274. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.605>
- Peulvast, J. P., & Vanney, J. R. (2001). *Géomorphologie Structurale – Terre, Corps Planétaires Solids : Relief et Structure*. BRGM.

- Rocha, H. S., Maia, R. P., & Oliveira, V. P. V. (2019). Geomorphological heritage of the Pedra da Andorinha Conservation Unit, Sobral - Ceará. *Revista GeoUECE*, 8(14), 276-293.
- Rodrigues, J. M. D., Lima, E. C., & Claudino-Sales, V. (2022). Hierarchical classification of granitic landforms in the Pedra Andorinha Wildlife Refuge Conservation Unit (REVIS), Taparuaba, Sobral, CE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(1), 140-153. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p142-154>
- Romer, W. (2007). Differential weathering and erosion in an inselberg landscape in southern Zimbabwe: A morphometric study and some notes on factors influencing the long-term development of inselbergs. *Geomorphology*, 86, 349-368. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.09.008>
- Salgado, A. A. R. (2007). Plateau surfaces: old paradigms revised from the perspective of new geomorphological knowledge. *Revista Geografias*, 3(1), 64-78. <https://doi.org/10.35699/2237-549X..13218>
- Souza, A. S. V., Maia, R. P. M., Bezerra, F. H. R., Migon, P., & Siame, L. L. (2023). Granitic inselberg erosion controlled by dike swarm array in semiarid Brazil. *Geomorphology*, 440, 108865. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108865>
- Thomas, M. F. (1989) The role of etch processes in landform development I. Etching concepts and their applications. *Zeitschrift für Geomorphologie Supplementary Issues*, 33(2), 129-142. <https://doi.org/10.1127/zfg/33/1989/129>
- Twidale, C. R. (2002). The two-stage concept of landform and landscape development involving etching: origin, development and implications of an idea. *Earth Science Reviews*, 57, 37-74. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(01\)00059-9](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(01)00059-9)
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2024). *UNESCO Global Geoparks*. <https://www.unesco.org/en/igpp/geoparks/about>
- Vidal-Romani, J. R. & Twidale, C. R. (2005). *Landforms and Geology of Granite Terrains*. Balkema.
- Vidal-Romani, J. R., Vaqueiro, M., & Sanjurjo, J. (2014). Granitic landforms in Galicia. In Gutiérrez, F., Gutiérrez, M. (Eds), *Landscapes and Landforms of Spain*. *World Geomorphological Landscapes*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8628-7_4
- Vitte, A. C. (2001). Considerations on the theory of etchplanation and its application to studies of landforms in hot and humid tropical regions. *Terra Livre*, 16, 11-24.
- Vitte, A. C. (2005). Dynamic and episodic terraforming in the hot and humid tropics. *Revista do Departamento de Geografia*, 16, 105-118.
- Waldherr, F. R., Silva, T. M., & Ximenes, C. L., de Araújo-Júnior, H. I., & de Oliveira Rodrigues, S. W. (2022). Geomorphological aspects of the Jirau 01 fossiliferous natural pond, municipality of Itapipoca, state of Ceará, Brazil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 23(2), 1317-1333. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v23i2.2039>
- Wayland, E. J. (1933). Peneplains and some erosional landforms. *Geological Survey of Uganda, Annual Report and Bulletin*, 1, 77-79. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i2.2039>



Distribución espacio-temporal de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms a través de teledetección en laguna La Turbina, Cuba

Spatio-temporal distribution of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms through remote sensing in La Turbina lagoon, Cuba

AUTORÍA

Alexey Valero-Jorge

Departamento de Sistemas Agrarios, Forestales y Medio Ambiente (Unidad asociada a EEAD-CSIC Suelos y Riegos). Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), 50059, Zaragoza, España.

Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila, Instituto de Meteorología, Avenida de los Deportes S/N, 65100, Ciego de Ávila, Cuba.

Leslie Hernández-Fernández

Centro de Biopantías. Universidad de Ciego de Ávila, Carretera Morón, km 91/2. 65100, Ciego de Ávila, Cuba.

Felipe Matos Pupo

Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila, Instituto de Meteorología, Avenida de los Deportes S/N, 65100, Ciego de Ávila, Cuba.

Sandra Buján Seoane

DRACONES, Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas. Universidad de León, 24404, Ponferrada, España.

Roberto González-De Zayas

Departamento de Ingeniería Hidráulica, Facultad de Ciencias Técnicas. Universidad de Ciego de Ávila, Carretera Morón, km 91/2. 65100, Ciego de Ávila, Cuba.

Centro de Estudios Geomáticos, Ambientales y Marinos (GEOMAR). 11560, Ciudad de México, México.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.27699>

CITACIÓN

Valero-Jorge, A., Hernández-Fernández, L., Matos Pupo, F., Buján Seoane, S., González-De Zayas, R. (2025). Distribución espacio-temporal de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms a través de teledetección en laguna La Turbina, Cuba. *Investigaciones Geográficas*, (83), 75-89. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27699>

CORRESPONDENCIA


Leslie Hernández-Fernández (coraleslh@gmail.com)

HISTORIA

Recibido: 2 junio 2024
Aceptado: 8 octubre 2024
Publicado: 23 enero 2025
(Publicación anticipada: 23 octubre 2024)

TÉRMINOS

© 2025 Alexey Valero-Jorge, Leslie Hernández-Fernández, Felipe Matos Pupo, Sandra Buján Seoane, Roberto González-De Zayas.

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

Resumen

La detección temprana de especies de plantas exóticas invasoras es fundamental para la formulación de estrategias de gestión y mitigación. Se propone evaluar la distribución espacio-temporal de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, en laguna La Turbina, empleando imágenes satelitales Sentinel-2 (periodo 2021-2023). Las bandas espectrales de las regiones del visible, borde rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta, se emplearon como datos de entrada de tres algoritmos de aprendizaje automático durante el proceso de clasificación. Se analizó la relación de la cobertura de la planta con la temperatura del aire y las precipitaciones. El modelo donde se combinan las bandas espectrales y los índices espectrales seleccionados, mediante el método de eliminación recursiva Random Forest, fue el más eficiente en la detección de *E. crassipes*. Los meses de menor cobertura de *E. crassipes* fueron diciembre 2022, enero y marzo 2023, debido a las acciones de limpieza mecanizada. *E. crassipes* se concentró en el Noreste y Suroeste de la laguna, como macrófita emergente. La dirección del viento y la intervención humana, determinaron la distribución espacio-temporal de la planta. Se recomienda realizar confinamientos de *E. crassipes*, en su condición de macrófita flotante, en las zonas más profundas de La Turbina.

Palabras clave: imágenes satelitales; Sentinel; macrófita flotante; cobertura; plantas invasoras; manejo; Cuba.

Abstract

The early detection of invasive exotic plant species is essential for planning management and mitigation strategies. The primary objective of this study is to evaluate the spatio-temporal distribution of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, in La Turbina lagoon, using Sentinel-2 satellite images (period 2021-2023). The spectral bands of the visible, red edge, near infrared and shortwave infrared regions were used as input data in three machine learning algorithms during the classification process. The relationship between plant coverage and air temperature and precipitation have been analyzed. The model combining spectral bands and the selected spectral indices using the Random Forest recursive elimination method was the most efficient in the detection of *E. crassipes*. The months with the least coverage of *E. crassipes* were December 2022, January and March 2023, due to mechanized cleaning actions. *E. crassipes* is concentrated in the Northeast and Southwest of the lagoon, as an emerging macrophyte. The direction of the wind and human intervention has determined the spatio-temporal distribution of

this plant. Based on these results, it is recommended to confine *E. crassipes*, in its condition as a floating macrophyte, to the deepest areas of La Turbina.

Keywords: satellite images; Sentinel; floating macrophyte; coverage; invasive plant; management; Cuba.

1. Introducción

Las especies exóticas invasoras representan una de las principales amenazas de la biodiversidad a nivel mundial, reduciendo o causando la extinción de otras especies (Boudjelas et al., 2000). Tienen abundante descendencia fértil y elevada capacidad de dispersión, colonizando áreas relativamente extensas. Pueden producir cambios en la composición, la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (Oviedo & González, 2015). A pesar de ello, es habitual no contar con datos previos a la invasión, al tiempo que existen serias dificultades para su monitoreo, gestión y prevención; todas ellas acciones consideradas significativas para reducir su impacto sobre la biodiversidad.

Eichhornia crassipes (Mart.) Solms, es considerada una especie de planta acuática invasora a nivel mundial (Boudjelas et al., 2000), y en concreto en Cuba (Oviedo & González-Silva, 2015). Es oriunda del Amazonas (América del Sur), pero está extendida por varias regiones del planeta (Coetzee et al., 2017; Ito et al., 2020). Se encuentra en todos los continentes, excepto en la Antártida, y en varios países, su propagación es el resultado de acciones antrópicas. Es muy abundante en el trópico, pues su distribución está restringida, en gran medida, por temperaturas frías (Coetzee et al., 2017). Pertenece a la familia Pontederiaceae, y dependiendo de las condiciones en las que crece, muestra dos morfologías diferentes. Según Niño-Sulkowska y Lot (1983), cuando el volumen hídrico es alto, flota gracias a los pecíolos globosos que se llenan de aire en su interior, y es una macrófita flotante. Sin embargo, cuando el volumen hídrico es bajo, el pecíolo se elonga y la planta se enraíza, pasando a constituir una macrófita emergente. Se destaca por su capacidad fitoacumuladora y fitorremediadora (Ting et al., 2018; Nash et al., 2019; Muthusaravanan et al., 2020).

A pesar de que en Cuba se realizaron algunos estudios sobre *E. crassipes* (Uphof, 1924; González, 2009; Estrada et al., 2015; Duarte et al., 2019; Hernández-Fernández et al., 2023a; Hernández-Fernández et al., 2024), no hay referencias a la distribución espacial de *E. crassipes*, ni una metodología que permita determinar la extensión y evolución temporal de esta especie invasora. Algunos autores han aprovechado productos gratuitos de teledetección óptica (véase MODIS, Landsat y Sentinel-2), combinados con algoritmos de aprendizaje automático tradicionales como el "Spectral Anguler Mapper" (SAM), hasta otros más avanzados que en los últimos años tienen una amplia aceptación, como las "Artificial Neural Networks" (ANN), "Support Vector Machine" (SVM), "Random Forest" (RF), "Navie Bayes" (NB) o la combinación de varios clasificadores (Singh et al., 2020; Worqlul et al., 2020; Li et al., 2022; Mouta et al., 2023). Las precisiones globales alcanzadas en cada uno de estos estudios fueron superiores a 0,80, lo que indica la idoneidad de este enfoque para detectar y cartografiar a la especie de planta acuática invasora *E. crassipes*.

Las acciones convencionales encaminadas al saneamiento, como la limpieza mecanizada, las cuales son acometidas en múltiples regiones del planeta, se consideran muy costosas y perjudiciales para los entornos cercanos donde se depositan los residuos (Shao-Hua et al., 2017). Ante este problema ambiental, la mayoría de las estrategias encaminadas a proporcionar una solución eficaz pasan por el desarrollo de otros estudios centrados en comprender el estado de la invasión de *E. crassipes* y en ayudar con las estrategias de manejo (Hernández-Fernández, 2024). Contar con información detallada y consistente sobre su extensión espacio-temporal, magnitud y dinámica de tasa de cambio se considera de suma importancia en el manejo de la especie (Mukarugwiro et al., 2021). En este sentido, la teledetección ofrece herramientas valiosas para la localización temprana, la representación cartográfica y el seguimiento de especies de plantas exóticas invasoras, tanto terrestres como acuáticas; insumos que permiten formular estrategias para una gestión eficiente y mitigar de manera correcta aquellas regiones aún no invadidas (Grice et al., 2011; Valero-Jorge et al., 2024).

Sobre lo anteriormente planteado, este estudio se propone como objetivo principal identificar y evaluar la distribución espacio-temporal de *E. crassipes* en laguna La Turbina (entre 2021 y 2023) a través de métodos basados en teledetección.

2. Metodología

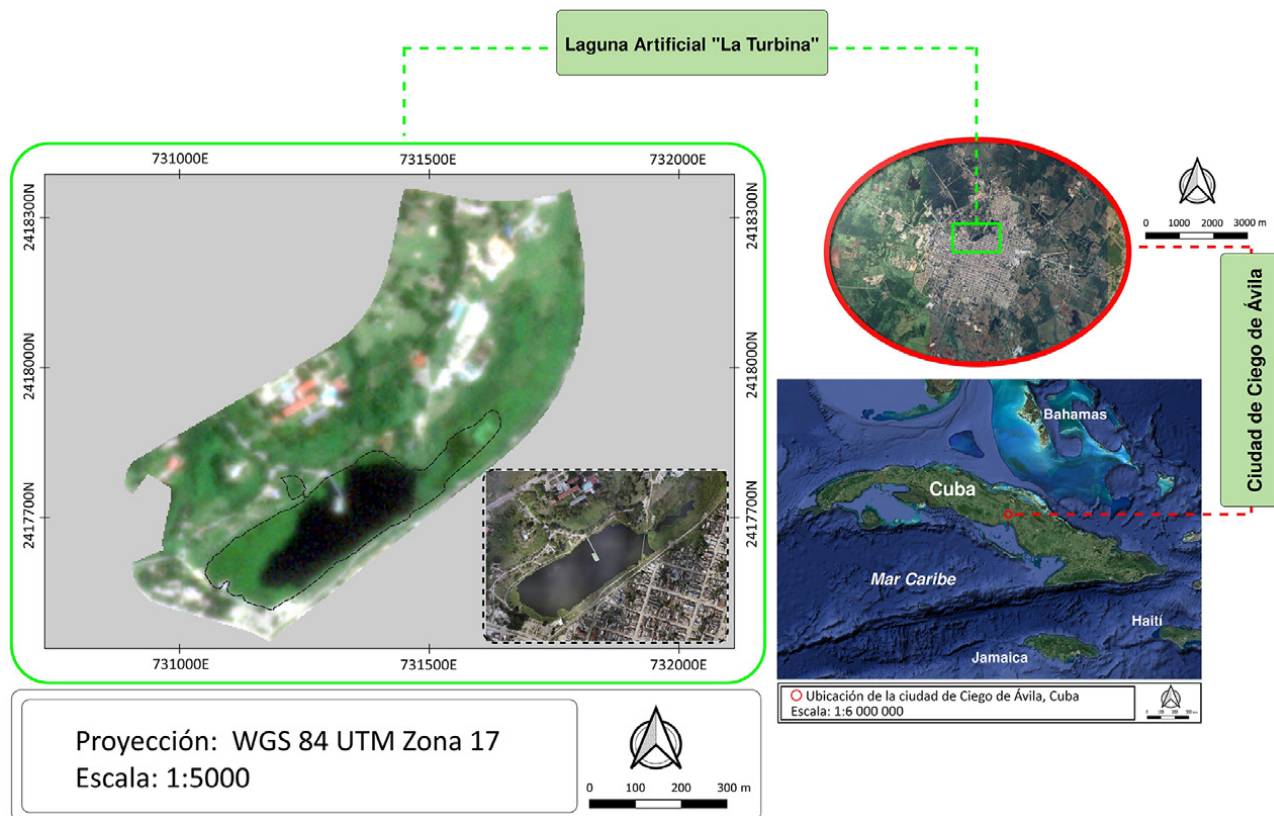
2.1. Área de estudio

2.1.1. Localización y caracterización geográfica y geomorfológica del área de estudio

El estudio se realizó en la laguna artificial de agua dulce La Turbina, ubicada en el municipio de Ciego de Ávila, provincia de igual nombre. La provincia de Ciego de Ávila, se encuentra en la zona central de Cuba, entre las

provincias Sancti Spíritus y Camagüey. Según el Historiador de la ciudad de Ciego de Ávila (comunicación personal), La Turbina tuvo su origen en una cantera de balasto (material de construcción: grava o piedra machacada). Su construcción comenzó en el siglo XIX la cual, junto a un brote de manantial y el huracán que azotó a Cuba en 1932, la llevó a su condición actual; una laguna permanente y somera (Figura 1).

Figura 1. Área de estudio sobre la distribución espacial y temporal de *E. crassipes* en laguna artificial de agua dulce La Turbina, Ciego de Ávila, Cuba



Se señala la localización de la provincia de Ciego de Ávila con un círculo rojo y del área de estudio (laguna artificial de agua dulce La Turbina) con un cuadro verde. Fuente: Google Maps.

Elaboración propia

2.1.2. Caracterización de la población de *E. crassipes* en el área de estudio

E. crassipes está registrada en la laguna La Turbina, donde se conoce comúnmente como malangueta (Hernández-Fernández et al., 2023b). Esta laguna está altamente contaminada, debido a la presión antrópica a la que está sometida por el vertimiento de aguas residuales. En lo que debe incidir también, el propio ciclo de vida de *E. crassipes*, la que al morir aporta materia orgánica al fondo de la laguna (Hernández-Fernández, 2024). Aquí, *E. crassipes* se encuentra en sus dos condiciones de crecimiento; macrófita flotante (no densa) y macrófita emergente (densa). Entre estas condiciones de crecimiento, no solo existe diferencias significativas en cuanto a sus características morfológicas, sino también en cuanto a la concentración de compuestos orgánicos (fenoles, antraquinonas y flavonoides), de elementos químicos como macronutrientes, micronutrientes y metales pesados, y actividad fitoacumuladora y fitorremediadora (Hernández-Fernández, 2024). En la laguna La Turbina se acometen labores de limpieza mecanizada, donde *E. crassipes* es extraída y depositada en las orillas (afectando negativamente el paisaje) o es trasladada hacia vertederos (como destino final), sin tratamiento previo, lo que puede poner en riesgo las aguas subterráneas o superficiales cercanas (Hernández-Fernández, 2024).

2.2. Datos satelitales

Durante el estudio, se analizó la variabilidad espacial de la cobertura del *E. crassipes*, por lo que se descargaron imágenes satelitales (con una periodicidad mensual) provenientes de Sentinel-2 (MSI) (Tabla 1) durante los años 2021, 2022 y 2023. Para evitar que las imágenes empleadas, durante el proceso de

clasificación, estuviesen afectadas por la cubierta de nubes, se seleccionaron aquellas imágenes con un porcentaje de nubes inferior al 30 % y se le aplicó una máscara de nubes a partir de la banda “QA60”, banda donde se almacena el porcentaje de nubes. Seguidamente, se calculó la mediana de cada una de las bandas espectrales logrando así, obtener imágenes mensuales de la zona de estudio libres de nubes. Debido al alto porcentaje de cobertura nubosa (>30 %) en varios meses de los diferentes años estudiados, no fue posible obtener imágenes en: agosto y octubre de 2021; febrero, abril, mayo, junio y noviembre de 2022, y mayo y junio del 2023; por lo que no fue posible clasificar las áreas ocupadas por *E. crassipes* en estas fechas.

Tabla 1. Características espectrales y espaciales del sensor MultiSpectral Instrument (MSI) a bordo de la misión Sentinel-2

Bandas de S2A	Longitud de onda central (nm)	Ancho de banda (nm)	Resolución espacial (m)
1 (Aerosol costero)	442,7	21	60
B2 (Azul)	492,4	66	10
B3 (Verde)	559,8	36	10
B4 (Rojo)	664,6	31	10
B5 (Borde rojo 1)	704,1	15	20
B6 (Borde rojo 2)	740,5	15	20
B7 (Borde rojo 3)	782,8	20	20
B8 (NIR)	832,8	106	10
B8a (nNIR)	864,7	21	20
B9 (Vapor de agua)	945,1	20	60
B10 (Cirros)	1.373,5	31	60
B11 SWIR 1	1.613,7	91	20
B12 SWIR 2	2.202,4	175	20

Leyenda: B: Bandas espectrales de las regiones del visible. NIR: Infrarrojo cercano. SWIR: infrarrojo de onda corta.

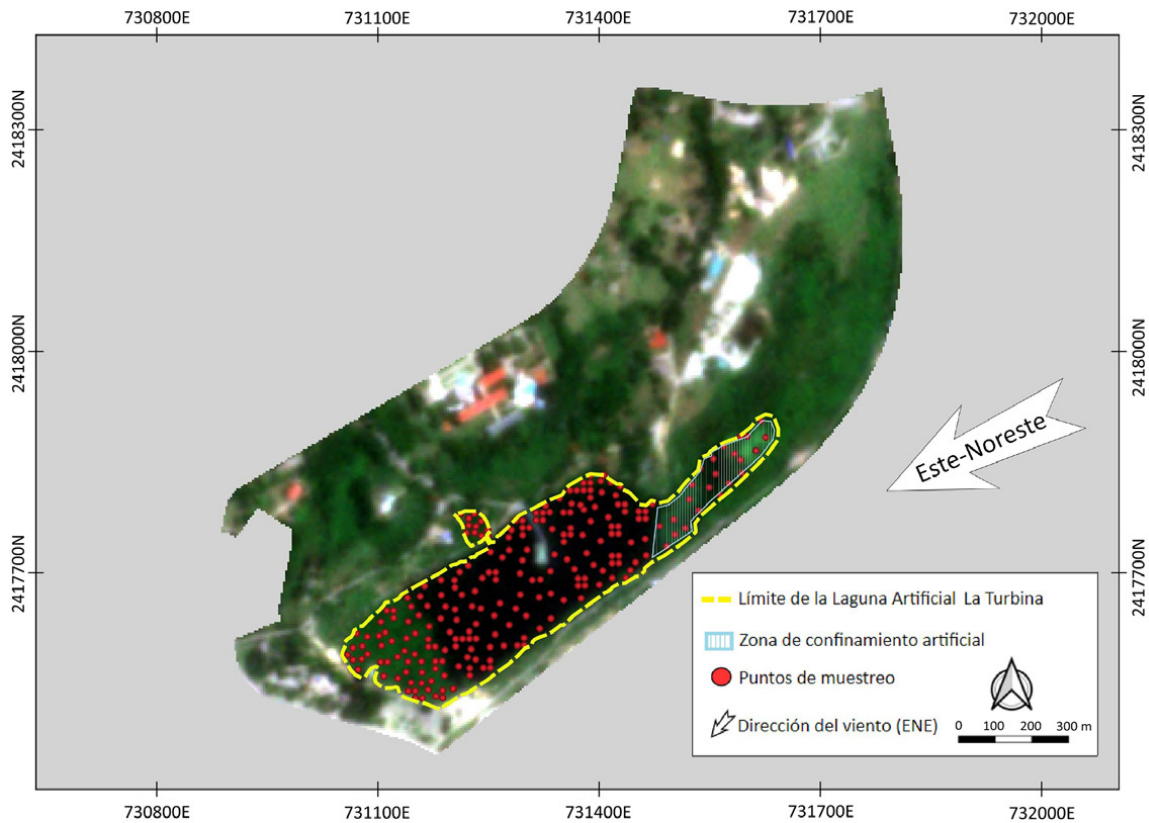
Elaboración propia

Todas las imágenes de Sentinel-2 empleadas, son productos de nivel 2A de reflectancia en superficie (Gascon et al., 2017), corregidos geoméricamente a WGS 84/UTM zona 17N, por lo que no fue necesario realizar ninguna corrección radiométrica o geométrica. Se seleccionaron las bandas espectrales de las regiones del visible (azul (B), verde (G) y rojo (R)), del borde rojo (Borde rojo 1, Borde rojo 2 y Borde rojo 3), del infrarrojo cercano (NIR, nNIR) y del infrarrojo de onda corta (SWIR1 y SWIR2). Se realizó un remuestreo de todas las bandas a una resolución espacial de 10 m y se recuperaron a partir de las bandas seleccionadas 50 índices espectrales utilizados en el modelo de detección y mapeo de *E. crassipes*. Todo el proceso descrito anteriormente fue desarrollado en la plataforma de computación en la nube Google Earth Engine (GEE) (Gorelick et al., 2017; Liu et al., 2020).

2.3. Datos de referencia

A partir de 2021, comenzó el estudio de las lagunas artificiales de agua dulce en Ciego de Ávila (Hernández-Fernández et al., 2023b). A partir de este año, con una periodicidad mensual en laguna La Turbina, se ubicaron 174 puntos georreferenciados (Figura 2) con un receptor GNSS de precisión Topcon HiPer SR. Durante el periodo comprendido entre los años 2021 a 2023 se identificó en cada uno de los puntos la clase de cobertura (agua/*E. crassipes*), poniendo mayor énfasis sobre las áreas ocupadas por *E. crassipes*. Los puntos de muestreo fueron ubicados de forma homogénea sobre toda el área de estudio. A partir de los puntos de muestreo se obtuvieron 2088 observaciones, la cuales fueron empleadas para el entrenamiento y validación del modelo de clasificación supervisada.

Figura 2. Distribución de los puntos de referencia tomados en la laguna artificial de agua dulce La Turbina

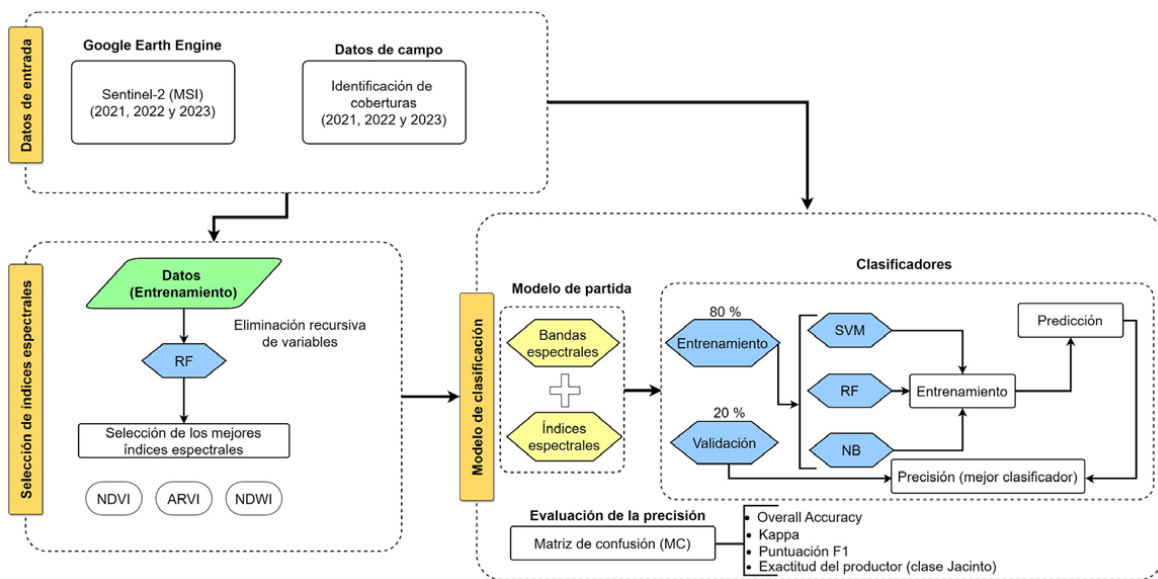


Se señala la distribución de los puntos de referencia con círculos rojos, el área de estudio (laguna artificial de agua dulce La Turbina) con líneas discontinuas de color amarillo, con un polígono de color azul el área de confinamiento artificial de *E. crassipes* y con una flecha la dirección del viento.
 Fuente: Google Maps. Elaboración propia.

2.4. Proceso de clasificación y validación

Se utilizaron tres algoritmos de aprendizaje automático durante el proceso de clasificación (Figura 3): Support Vector Machine, Random Forest, y Naive Bayes. Todo el procedimiento de clasificación se realizó utilizando el software estadístico R versión 4.2.3 (R Core Team, 2018).

Figura 3. Algoritmos de aprendizaje automático empleados en el proceso de clasificación



Elaboración propia

Random Forest (RF) es un algoritmo no paramétrico que emplea un conjunto de árboles cultivados aleatoriamente, donde las predicciones de árboles individuales se agregan posteriormente (Royimani et al., 2019). Support Vector Machine (SVM) fue propuesto por Cortés y Vapnik (1995) y es un algoritmo no paramétrico versátil con tolerancia a datos de alta dimensión. Por otro lado, el algoritmo Naive Bayes (NB), es un algoritmo paramétrico que se basa en el teorema de Bayes con la suposición “ingenua” de independencia condicional entre cada par de características dadas la variable de clase (Dai et al., 2007). Empleando la librería CARET (Kuhn et al., 2020) se dividió la base de datos en un 80 % para entrenamiento (1.670 observaciones) y el resto (20 %) para validación (418 observaciones).

Previo al proceso de entrenamiento de los clasificadores fue necesario seleccionar los índices espectrales de mayor influencia y descartar las características débiles a la hora de clasificar. Para este paso se empleó el método de eliminación recursiva de variables basada en modelos (Chen & Jeong, 2007), empleando el modelo Random Forest con un método de remuestreo “bootstrapping” con 10 repeticiones. Del “top” de 10 índices espectrales se seleccionaron los tres de mayor importancia, debido que, a partir del tercer predictor la mejora era mínima: i) NDVI (Tucker et al., 1980), ii) ARVI (Huete et al., 1994) y iii) NDWI (Gao, 1996). El modelo de partida quedó conformado por las 10 bandas espectrales y los tres índices seleccionados.

Se realizó una búsqueda de los parámetros óptimos que necesitan los algoritmos propuestos. La optimización de hiperparámetros de los modelos se realizó mediante el muestreo de 10 combinaciones aleatorias. Su posterior evaluación, se hizo mediante una validación cruzada (CV) con tres repeticiones.

Las precisiones de clasificación de cada algoritmo de aprendizaje automático se evaluaron empleando la matriz de confusión (Gómez-Sánchez et al., 2017; Pérez et al., 2017) y el estadístico Kappa (Cohen, 1960). A partir de la matriz de confusión se determinó la precisión general (*Overall Accuracy*, OA, en %), las puntuaciones F1 (Chicco & Jurman, 2020; Yacouby & Axman, 2020), la exactitud del usuario y productor, y los errores de omisión y comisión (Chuvieco, 2007). Por último, se seleccionó el clasificador de mayor rendimiento a partir del resultado obtenido en las métricas de rendimiento mencionadas anteriormente.

2.5. Variables climáticas (temperatura media del aire y acumulado de precipitación)

Se analizaron los datos mensuales de temperatura media del aire y el acumulado de precipitación, correspondiente al periodo 2021-2023. Para la temperatura media del aire, se utilizó como fuente de datos, la información de la estación meteorológica Venezuela, con ubicación en latitud 21°45'37" N y longitud 78°47'10" W, a una altura de 26 m sobre el nivel medio del mar. Esta posición geográfica la localiza al Norte del municipio de Venezuela, muy próxima a la ciudad de Ciego de Ávila. En el caso de la variable acumulado de precipitación, se utilizó la data del pluviómetro ubicado en la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos, con ubicación en latitud 21°51'7" N y longitud 78°44'34" W.

2.6. Análisis estadístico

Para conocer si existían diferencias significativas, entre los años estudiados (2021, 2022 y 2023), en cuanto a la cobertura estimada de *E. crassipes* en la laguna artificial de agua dulce La Turbina, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Los análisis estadísticos fueron realizados con el software R versión 3.1.2 (R Core Team, 2018), con el paquete Vegan (Oksanen et al., 2005). Para conocer la posible relación entre la cobertura de *E. crassipes* en laguna La Turbina, y dos variables climáticas (temperatura media del aire y acumulado de precipitación), se realizó un test de correlación de Spearman (test no paramétrico) con un nivel significación de 0,05. El análisis se realizó con el software XLSTAT (versión 2016.02.28451).

3. Resultados

3.1. Datos satelitales

El modelo donde se combinan las bandas espectrales y los índices espectrales seleccionados, mediante el método de eliminación recursiva entrenados con RF, mostró ser el más eficiente en la detección del *E. crassipes* (Tabla 2). Ello, sobre los datos de validación (20 % del total de observaciones) con resultados de muy alta precisión (OA cercano al 100 %, una exactitud del productor igual al 97,06 % y unos valores de Kappa y F1 superiores a 0,90). Aunque inferiores a RF, el resto de los clasificadores también mostraron resultados satisfactorios. Ambos con valores de OA superiores al 90 % y una exactitud del productor del 96,65 % y 96,06 % (para SVM y NB respectivamente), y valores de Kappa y F1 para SVM iguales a 0,92 y 0,87. Para NB, fueron ligeramente inferiores (0,86 y 0,78 respectivamente).

Tabla 2. Resultados generales de precisión para la clasificación empleando tres algoritmos de aprendizaje automático

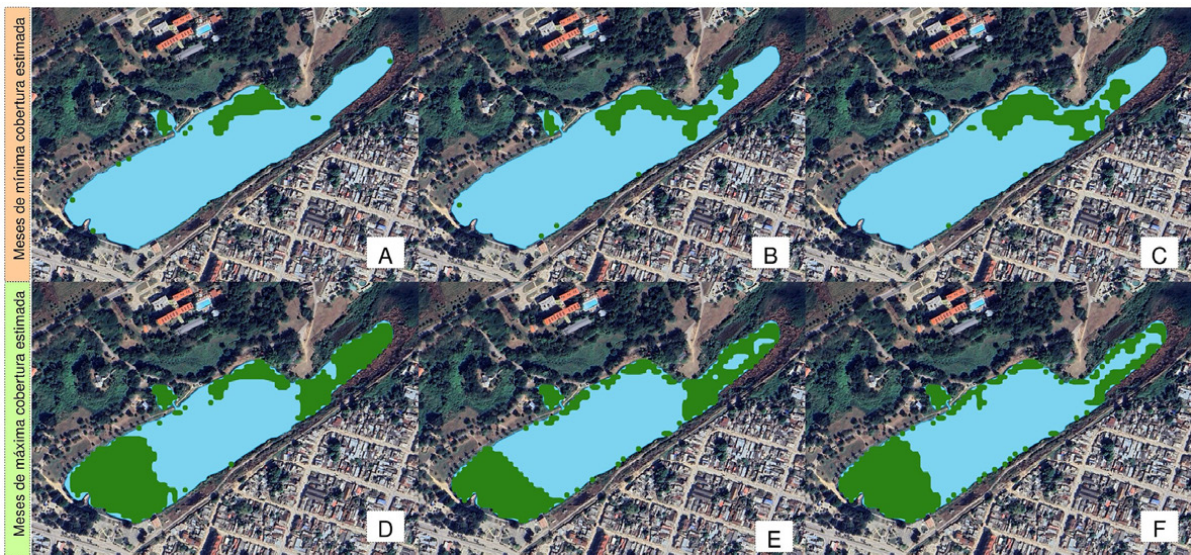
Modelo	Algoritmo	OA (%)	P-F1	Kappa	EP (<i>E. crassipes</i>) (%)
Bandas espectrales + índices espectrales (NDVI, ARVI, NDWI)	Random Forest	98,41	0,91	0,95	97,06
	Support Vector Machine	95,02	0,87	0,92	96,65
	Naive Bayes	90,85	0,78	0,86	96,01

Leyenda: OA Precisión general (%). P-F1: puntuación F1 (Chicco & Jurman, 2020; Yacouby & Axman, 2020). Kappa: estadístico Kappa (Cohen, 1960). EP: valores de la exactitud del productor (EP) para *E. crassipes* (%).

Elaboración propia

La mayor cobertura de *E. crassipes* se determinó hacia el Suroeste de la laguna. La cobertura determinada hacia el Noreste se debió al confinamiento artificial que se emplea para evitar su distribución hacia el resto de la laguna (Figura 4).

Figura 4. Distribución espacial de *E. crassipes*. Meses de mínima y máxima cobertura de *E. crassipes* estimada por teledetección en la laguna artificial de agua dulce La Turbina

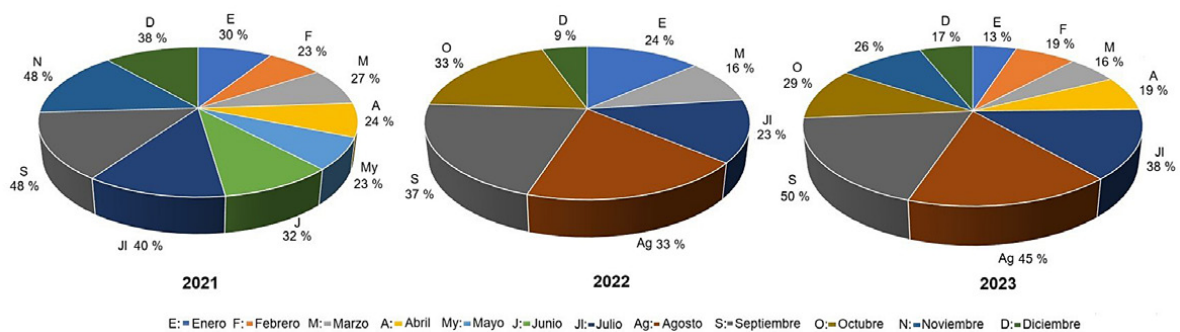


Leyenda: A: diciembre 2022, B: enero 2023 y C: marzo de 2023 (mínima cobertura estimada. Figuras ordenadas de mínima a máxima cobertura). D: septiembre 2023, E: noviembre 2021 y F: septiembre 2021 (máxima cobertura estimada. Figuras ordenadas de máxima a mínima cobertura).

Elaboración propia

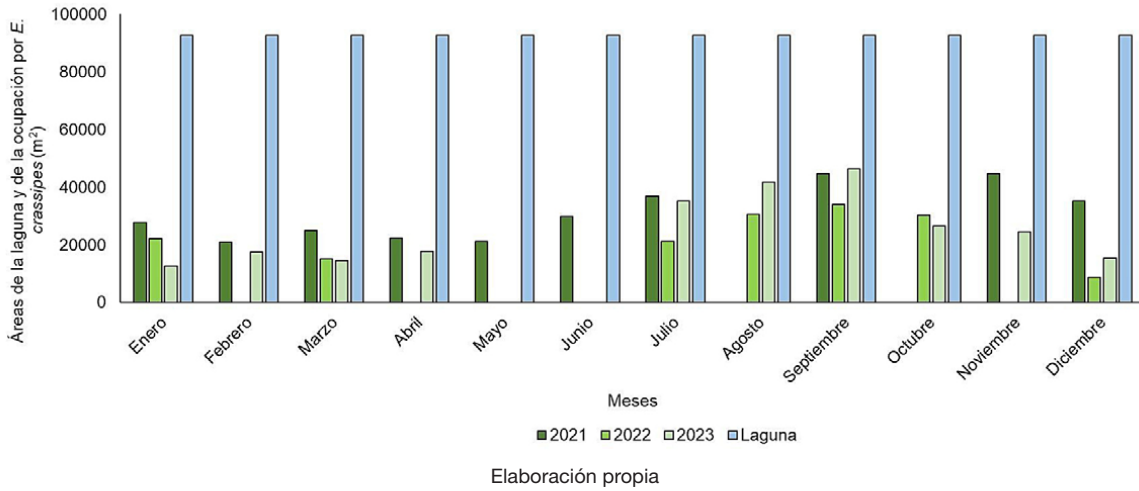
Según los datos obtenidos por teledetección, los meses de mínima cobertura fueron diciembre 2022 (9 %), enero (13 %) y marzo (16 %) de 2023 (Figuras 4 y 5). Mientras que los meses de máxima cobertura fueron septiembre 2023 (50 %), septiembre (48 %) y noviembre 2021 (40 %) (Figuras 4 y 5). A pesar de que en 2021 fue cuando se determinó la mayor cobertura de *E. crassipes*, en la laguna artificial de agua dulce La Turbina, no hubo diferencias significativas con respecto a 2022 y 2023 ($p > 0.05$) (Figura 6).

Figura 5. Porcentaje (%) de cobertura de *E. crassipes*, estimada por teledetección, por meses, en 2021, 2022 y 2023, en la laguna artificial de agua dulce La Turbina



Elaboración propia

Figura 6. Cobertura de *E. crassipes* (m²), por meses, en correspondencia al área de la laguna artificial de agua dulce La Turbina por m²

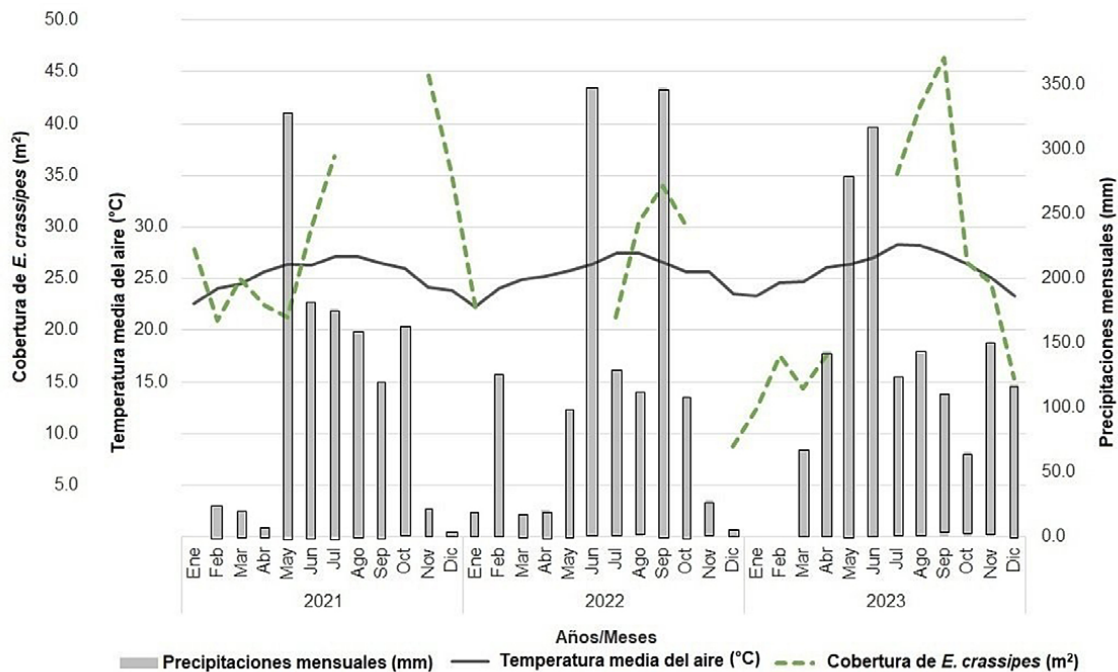


3.2. Variables climáticas (temperatura media del aire y acumulado de precipitación)

La temperatura media del aire en 2021, tuvo un valor mínimo promedio de 22,6°C (enero), y un máximo promedio de 27,1°C (en agosto). En 2022 el mínimo promedio fue en enero (22,3°C) y un máximo promedio en agosto (27,5°C). En 2023, enero tuvo la menor temperatura promedio (23,3°C) y julio el valor máximo (28,3°C) (Figura 7). Los valores mínimos de acumulado de precipitaciones, para cada año de estudio, fueron en enero de 2021 (0,0 mm), diciembre de 2022 (6,2 mm) y enero y febrero de 2023 (0,0 mm). El mayor acumulado de precipitaciones mensual para cada año, ocurrió en mayo de 2021 (326,2 mm), septiembre de 2022 (347,8 mm) y junio de 2023 (317,2 mm) (Figura 7).

La cobertura de *E. crassipes*, durante el período de estudio en la laguna artificial de agua dulce La Turbina, solo tuvo correlación significativa positiva con la temperatura media del aire ($R=0,53$, $p<0,05$). La correlación de la cobertura de *E. crassipes* con el acumulado de precipitaciones fue positiva ($R=0,33$), pero no fue significativa ($p>0,05$).

Figura 7. Promedios mensuales de temperatura, precipitación y cobertura de *E. crassipes* (m²) en 2021, 2022 y 2023



4. Discusión de resultados

La teledetección, para el estudio sobre la distribución espacial y temporal de *E. crassipes*, así como de otras especies de plantas invasoras o no, es un método noble y no destructivo del ecosistema. El conocimiento espacio-temporal sobre la propagación de plantas acuáticas invasoras ayuda a determinar su extensión, abundancia y tasas de propagación en sistemas de agua invadidos por estas plantas (Mukarugwiro et al., 2021).

La mayor cobertura de *E. crassipes*, en la laguna artificial de agua dulce La Turbina, fue al Suroeste de la laguna, pues el viento en esta región tiene dirección del Este-Noreste la mayor parte del año. La cobertura determinada al Noreste de la laguna se debe a un confinamiento artificial (por medio de barreras flotantes), que no resuelve el problema de la proliferación de esta especie, pues no impide su extensión hacia otras zonas de la laguna. Tanto en el Noreste, como en el Suroeste, la profundidad es menor, lo que favorece que *E. crassipes* se enraíce, pasando de macrófita flotante a una macrófita emergente, con un crecimiento muy denso, afectando así la biodiversidad y la estabilidad general del ecosistema (Hernández-Fernández, 2024). Esto confirma lo expuesto por Nyawacha et al. (2021), quienes consideraron que esta especie prolifera mejor cuando se fija al sustrato. Precisamente, Nyawacha et al. (2021), consideraron que la distribución espacial de *E. crassipes*, en el lago Victoria, está controlada más por características biofísicas; como la fuerza y la dirección del viento y la sedimentación, que por el alto nivel de eutrofización.

Los patrones de distribución temporal de *E. crassipes* obtenidos en este estudio, fueron similares a los de Thamaga y Dube (2019), quienes expusieron que se pueden detectar y mapear con precisión la distribución estacional de *E. crassipes*, utilizando datos de Sentinel-2. Método similar fue empleado por Mucheye et al. (2022) para el estudio de *E. crassipes* en el Lago Tana en Etiopía. Esta herramienta también fue empleada por Nyawacha et al. (2021), para el estudio espacial y temporal de *E. crassipes* en el lago Victoria (Kenya), considerando que esta especie mostró un comportamiento casi uniforme, en cuanto a cobertura, cuando se evaluó en temporadas similares. Thamaga y Dube (2019), determinaron que *E. crassipes* se mantiene en el río Letaba (Sudáfrica), tanto en época lluviosa (húmeda), como poco lluviosa (seca), aunque prevalece en época lluviosa (húmeda). En este estudio, *E. crassipes* se mantiene en la laguna artificial de agua dulce La Turbina, tanto en época lluviosa, como poco lluviosa. Esta especie, además, puede tolerar precipitaciones muy por encima a las analizadas en este estudio (entre 820 y 2 700 mm) (Benítez et al., 2011).

Hernández (2023), empleó sensores remotos para evaluar *E. crassipes* en dos lagunas en El Salvador, durante la época poco lluviosa y concluyó que, durante esta época, no hay un aumento del cubrimiento de esta especie en los espejos de agua de las lagunas estudiadas. Estos resultados coinciden con los obtenidos en este estudio, pues precisamente, los meses de mínima cobertura estimada (diciembre 2022, enero y marzo 2023), se incluyen dentro de aquellos que pertenecen a la época menos lluviosa en el territorio cubano. No obstante, a pesar de dicha coincidencia, esta drástica disminución en estos meses se debió, fundamentalmente, a la extracción mecanizada que se realizó en el sitio en octubre de 2022 (observación personal). Por su parte, Rodríguez et al. (2013), en estudio realizado en tres lagunas en Venezuela, sí constataron que en los meses de sequía (noviembre-abril), existe un mayor enraizamiento *E. crassipes* al sustrato, lo que contribuye al incremento de su cobertura por reproducción vegetativa. Los cambios temporales, en la densidad estimada de *E. crassipes*, en la laguna artificial de agua dulce La Turbina, se le atribuyen a la extracción mecanizada que se realiza en el sitio, razón por la cual pudiera no existir una correlación significativa entre la densidad de esta especie y las precipitaciones. Resultado similar fue obtenido por Mukarugwiro et al. (2021) en estudio realizado en Ruanda.

En cuanto a la temperatura media del aire, a pesar de mostrar una correlación significativa positiva con respecto a la cobertura de *E. crassipes*, no se considera que esta variable climática, por sí sola, tenga una incidencia determinante en la cobertura de *E. crassipes*. Se coincide con Worqlul et al. (2020), quienes plantearon que la concentración de nutrientes, la resuspensión de sedimentos y los cambios de temperatura crean las condiciones óptimas para el crecimiento de *E. crassipes*. Según Muñoz (2021), la temperatura óptima para el crecimiento de *E. crassipes* es entre 28 y 30°C, por lo que pudo estar limitado en los meses donde la temperatura promedio fue menor a 28°C (noviembre a marzo), periodo que coincide con la época poco lluviosa. Se infiere que las precipitaciones y las variaciones de temperatura del aire, no son variables determinantes en la cobertura de *E. crassipes* en la laguna artificial de agua dulce La Turbina. Aunque se aportan datos de las precipitaciones y la temperatura media del aire, que permiten intuir que existe una correlación con la cobertura de *E. crassipes*, no se profundizó en la búsqueda estadística de esa correlación, ya que los datos globales se encuentran condicionados por un factor externo, como las labores de limpieza mecanizada para el control de la especie invasora. No obstante, es válido tener en cuenta que la correlación entre crecimiento de especies de plantas, como *E. crassipes*, y las precipitaciones y temperatura media del aire, no suele darse inmediatamente, en el mismo mes. Puede que, en un mes, ocurra el factor que origina el crecimiento, pero éste se desarrolla en el mes siguiente o un período correlativo corto (a menudo en uno-dos meses).

Shao-Hua et al. (2017) consideraron que *E. crassipes* puede pasar de una alfombra grande y continua, con efectos negativos, a tapetes, de diferentes tamaños y discontinuos, con efectos positivos. Aunque, la cosecha mecanizada es uno de los únicos métodos de manejo que controla esta especie en los cuerpos de agua. Hernández-Fernández (2024) propuso, como una posible solución al problema que hoy ocasiona *E. crassipes* en la laguna artificial de agua dulce La Turbina, el empleo de su masa seca como sustrato mezclado en cultivos que se desarrollen en la agricultura urbana, familiar y comunitaria. Hernández-Fernández (2024) obtuvo por cada m² de *E. crassipes*, en su condición densa (macrófita emergente), alrededor de 582,5 g de masa seca, la que puede ser empleada en más de 1.400 alveolos en la fase de semillero del cultivo de *Capsicum annuum* L.

Ante la situación ambiental de la laguna artificial de agua dulce La Turbina, debido a la invasión de *E. crassipes*, se recomienda realizar confinamientos de *E. crassipes*, en su condición de macrófita flotante en las zonas más profundas de la laguna (Nyawacha et al., 2021) en forma de tapetes, discontinuos (Shao-Hua et al., 2017). Estas acciones de manejo permitirían mantener la función de *E. crassipes* como fitoacumuladora y fitorremediadora (Ting, 2018; Nash et al., 2019; Muthusaravanan et al., 2020; Hernández-Fernández, 2024), contribuyendo así a mejorar la calidad del agua de la laguna, la proliferación de otras especies de plantas acuáticas y otros organismos en la superficie, columna de agua, y en el sedimento (biodiversidad del ecosistema). Un diseño apropiado para este manejo pudiera hacer de la laguna artificial de agua dulce La Turbina un jardín de plantas acuáticas, propias del entorno. Lo cual influye en la cultura ambiental de la población. Además, de proveer material vegetal para futuros estudios ecológicos y biotecnológicos. Otra medida, para controlar el crecimiento de *E. crassipes* en la laguna, sería la eliminación de la causa fundamental de su excesiva proliferación, que, en este caso, es el vertimiento de aguas residuales de origen urbano, a la laguna (Worqlul et al., 2020). El modelo de estudio de *E. crassipes* en la laguna artificial de agua dulce La Turbina, puede tener aplicaciones futuras para otras áreas con la misma especie, o para otras especies con patrones parecidos de expansión.

5. Conclusiones

El modelo donde se combinan las bandas espectrales y los índices espectrales seleccionados, mediante el método de eliminación recursiva entrenados con RF, mostró ser el más eficiente en la detección del *E. crassipes*. Ello, sobre los datos de validación (20 % del total de observaciones), con resultados de muy alta precisión (OA cercano al 100 %, una exactitud del productor igual al 97,06 % y unos valores de Kappa y F1 superiores a 0,90). La evaluación de la distribución espacio-temporal de *E. crassipes* en la laguna artificial de agua dulce La Turbina, entre 2021 y 2023, a través de teledetección, mostró que la cobertura de esta especie varió debido, principalmente, a las extracciones mecanizadas realizadas por el hombre (meses de mínima cobertura estimada; diciembre 2022, enero y marzo 2023) y no precisamente, por las variables climáticas de temperatura media del aire (mínima 22,3°C y máxima 28,3°C) y el acumulado de precipitaciones (mayor acumulado 347,8 mm en 2022). Además, su distribución espacial se rige por la dirección del viento predominante (en dirección del Este-Noreste la mayor parte del año) y las barreras de contención establecidas en la parte Noreste de la laguna. Hubo coincidencia entre los meses de menor cobertura, con la época poco lluviosa y la temperatura media del aire más baja. Con un diseño apropiado de manejo, se recomienda realizar confinamientos de *E. crassipes*, en su condición de macrófita flotante, en las zonas más profundas de la laguna, lo que permitiría mantener su función como fitoacumuladora y fitorremediadora y el desarrollo de otras poblaciones de organismos, tanto en la superficie de la laguna, como en la columna de agua y en el fondo. Así, la laguna artificial de agua dulce La Turbina puede convertirse en un jardín de plantas acuáticas, propias del entorno, transformándose el área de un parque recreativo a un parque temático, lo cual debe influir positivamente en la cultura ambiental de la población. Aunque un control eficaz sobre la excesiva proliferación de *E. crassipes*, es la erradicación del vertimiento de aguas residuales de origen urbano, hacia la laguna. El modelo de estudio de *E. crassipes* en la laguna artificial de agua dulce La Turbina, puede tener aplicaciones futuras en otras lagunas con la misma especie, o para otras especies de plantas acuáticas invasoras, con patrones similares de expansión.

Financiación

La investigación se desarrolló en el marco del Proyecto Territorial PT: 121CA003-005. "Evaluación del uso y manejo de las plantas acuáticas invasoras *Pistia stratiotes* L. y *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms como alternativa para su empleo en la agricultura urbana en Ciego de Ávila".

Agradecimientos

Los autores agradecen a la contribución de la Organización no Gubernamental Idea Wild y a Ángel E. Cabrera Sánchez, Historiador de la ciudad de Ciego de Ávila.

Referencias

- Benítez, R., Calero, V., Peña, E., & Martín, J. (2011). Evaluación de la cinética de la acumulación de cromo en el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*). *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 9(2), 66-73. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v9n2/v9n2a08.pdf>
- Boudjelas, S., Browne, M., De Poorter, M., & Lowe, S. (2000). *100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the Global Invasive Species Database*. <https://policycommons.net/artifacts/1374971/100-of-the-worlds-worst-invasive-alien-species/1989224/>
- Chen, X. W., & Jeong, J. C. (2007). Enhanced recursive feature elimination. In *Sixth international conference on machine learning and applications (ICMLA 2007) IEEE* (pp. 429-435). <https://doi.org/10.1109/ICMLA.2007.35>
- Chicco, D., & Jurman, G. (2020). The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation. *BMC genomics*, 21, 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6413-7>
- Chuvieco, E. (2007). Mirar desde el espacio o mirar hacia otro lado: tendencias en teledetección y su situación en la geografía española. *Documents d'anàlisi geogràfica*, 50, 75-85. <https://ddd.uab.cat/pub/dag/02121573n50/02121573n50p75.pdf>
- Coetzee, J. A., Hill, M. P., Ruiz-Téllez, T., Starfinger, U., & Brunel, S. (2017). Monographs on invasive plants in Europe N° 2: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Botany Letters*, 164, 303-326. <https://doi.org/10.1080/023818107.2017.1381041>
- Cortés, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine learning*, 20, 273-297. <https://doi.org/10.1023/A:1022627411411>
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educ. Psychol. Meas.* 20(1), 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Dai, W., Xue, G. R., Yang, Q., & Yu, Y. (2007), July. Transferring naive bayes classifiers for text classification. In *AAAI* (vol. 7, pp. 540-545). <https://cdn.aaai.org/AAAI/2007/AAAI07-085.pdf>
- Duarte, N. S. P., Arroyo, N. C., Herrera, K. C., & Duarte, M. R. P. (2019). Co-digestión del purín de cerdo y la *Eichhornia crassipes*: alternativa para el manejo de estos residuos en Cuba. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 19, 1765-1774. [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc5d640023ef1d4_Hig_Sanid_Ambient.19.\(3\).1765-1774.\(2019\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc5d640023ef1d4_Hig_Sanid_Ambient.19.(3).1765-1774.(2019).pdf)
- Estrada, A. M., Guerra, K. E., Flores, O. B., Cubeña, Y. C., & Delmonte, S. (2015). Comportamiento de la *Eichhornia crassipes* (malangueta de agua) en un ambiente contaminado. Informe Científico. Centro de Ingeniería Ambiental de Camagüey. Laboratorio Provincial de Suelos de Camagüey. https://www.researchgate.net/profile/Adelmo-Montalvan/publication/280473209_Comportamiento_de_la_Eichhornia_Crassipes_malangueta_de_agua_en_un_ambiente_contaminado/links/55b5dc4908ae092e96559b4f/Comportamiento-de-la-Eichhornia-Crassipes-malangueta-de-agua-en-un-ambiente-contaminado.pdf
- Gao, B. C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote sensing of environment*, 58(3), 257-266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Gascon, F., Bouzinac, C., Thépaut, O., Jung, M., Francesconi, B., Louis, J., Lonjou, V., Lafrance, B., Massera, S., Gaudel-Vacaresse, A., Languille, F., Alhammoud, B., Viallefont, F., Pflug, B., Bieniarz, J., Clerc, S., Pessiot, L., Trémas, T., Cadau, E. ... & Fernandez, V. (2017). Copernicus Sentinel-2A calibration and products validation status. *Remote Sensing*, 9(6), 584. <https://doi.org/10.3390/rs9060584>
- Gómez-Sánchez, E., De Las Heras, J., Lucas-Borja, M., & Moya, D. (2017). Ajuste de metodologías para evaluar severidad de quemado en zonas semiáridas (SE peninsular): incendio Donceles 2012. *Revista de Teledetección*, 49, 103-113. <https://doi.org/10.4995/raet.2017.7121>
- González, S. G. M. (2009). La colección de plantas acuáticas del Jardín Botánico Nacional de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 30, 15-20. <https://revistas.uh.cu/rjbn/article/download/7256/6187>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

- Grice, A. C., Clarkson, J. R., & Calvert, M. (2011). Geographic differentiation of management objectives for invasive species: a case study of *Hymenachne amplexicaulis* in Australia. *Environmental Science & Policy*, 14, 986-997. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.07.006>
- Hernández, A. M. C. (2023). Evaluación del comportamiento de la *Eichhornia crassipes* durante la sequía en las lagunas de Olomega y El Jocotal mediante sensores remotos. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 18(1), 1583-1583. <https://doi.org/10.36829/08ASA.v18i1.1583>
- Hernández-Fernández, L. (2024). *Plantas acuáticas invasoras: alternativas para la agricultura urbana, familiar y comunitaria en el cultivo Capsicum annum L.* [Unpublished doctoral thesis]. Universidad de Ciego de Ávila.
- Hernández-Fernández, L., Méndez, I. E., Vázquez, J. G., de Zayas, R. G., & Feijoo, J. C. L. (2023b). Aquatic plants in the freshwater artificial lagoons in Ciego de Avila, Cuba. *Intropica*, 18(1), 37-49. <https://doi.org/10.21676/23897864.4753>
- Hernández-Fernández, L., Vázquez, J. G., Hernández, L., Campbell, R., Martínez, J., Hajari, E., González-De Zayas, R., Zevallos-Bravo, E. B., Acosta, Y., & Lorenzo, J. C. (2024). Use of Euclidean distance to evaluate *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* as organic fertilizer amendments in *Capsicum annum*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 46(2), 21. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-024-03652-w>
- Hernández-Fernández, L., Vázquez, J. G., Hernández, L., Pérez-Bonachea, L., Campbell, R., Martínez, J., Hajari, E., González-De Zayas, R., Acosta, Y., & Lorenzo, J. C. (2023a). Soluble phenolics, chlorophylls, and malondialdehyde are the best indicators of salt stress in *Eichhornia crassipes*. *Vegetos*, 1-7. <https://doi.org/10.1007/s42535-023-00669-3>
- Huete, A., Justice, C., & Liu, H. (1994). Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. *Remote Sensing of environment*, 49(3), 224-234. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90018-3)
- Ito, Y., Tanaka, N., Keener, B. R., & Lehtonen, S. (2020). Phylogeny and biogeography of *Sagittaria* (Alismataceae) revisited: evidence for cryptic diversity and colonization out of South America. *Journal of Plant Research*, 133(6), 827-839. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10265-020-01229-5>
- Kuhn, M., Wing, J., Weston, S., Williams, A., Keefer, C., Engelhardt, A., Cooper, T., Mayer, Z., Kenkel, B., R Core Team, Benesty, M., Lescarbeau, R., Ziem, A., Scrucça, L., Tang, Y., Candam, C., & Hunt, T. (2020). Package 'caret'. *The R Journal*, 7, 223. <https://cran.r-project.org/web/packages/caret/caret.pdf>
- Li, Y., Deng, T., Fu, B., Lao, Z., Yang, W., He, H., Fan, D., Hen, W., & Yao, Y. (2022). Evaluation of Decision Fusions for Classifying Karst Wetland Vegetation Using One-Class and Multi-Class CNN Models with High-Resolution UAV Images. *Remote Sensing*, 14(22), 5869. <https://doi.org/10.3390/rs14225869>
- Liu, L., Xiao, X., Qin, Y., Wang, J., Xu, X., Hu, Y., & Qiao, Z. (2020). Mapping cropping intensity in China using time series Landsat and Sentinel-2 images and Google Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*, 239, 111624. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111624>
- Mouta, N., Silva, R., Pinto, E. M., Vaz, A. S., Alonso, J. M., Gonçalves, J. F., Honrado, J., & Vicente, J. R. (2023). Sentinel-2 Time Series and Classifier Fusion to Map an Aquatic Invasive Plant Species along a River-The Case of Water-Hyacinth. *Remote Sensing*, 15(13), 3248. <https://doi.org/10.3390/rs15133248>
- Mucheye, T., Haro, S., Papaspyrou, S., & Caballero, I. (2022). Water quality and water hyacinth monitoring with the Sentinel-2A/B satellites in Lake Tana (Ethiopia). *Remote Sensing*, 14(19), 4921. <https://doi.org/10.3390/rs14194921>
- Mukarugwiro, J. A., Newete, S. W., Adam, E., Nsanganwimana, F., Abutaleb, K., & Byrne, M. J. (2021). Mapping spatio-temporal variations in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) coverage on Rwandan water bodies using multispectral imageries. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18, 275-286. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02824-8>
- Muñoz, F. R. (2021). *El herbicida glifosato y sus alternativas*. Universidad Nacional, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas. Costa Rica. (Serie Informes Técnicos IRET; 44). https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Ramirez-28/publication/358621408_El_herbicida_glifosato_y_sus_alternativas_Serie_Informes_Tecnicos_IRET_N_44/links/620beca3cf7c2349ca162caa/El-herbicida-glifosato-y-sus-alternativas-Serie-Informes-Tecnicos-IRET-N-44.pdf
- Muthusarayanan, S., Sivarajasekar, N., Vivek, J. S., Vasudha Priyadharshini, S., Paramasivan, T., Dhakal, N., & Naushad, M. (2020). Research updates on heavy metal phytoremediation: enhancements, efficient post-harvesting strategies and economic opportunities. *Green materials for wastewater treatment*, 9, 191-222. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17724-9_9

- Nash, D. A. H., Abdullah, S. R. S., Hasan, H. A., Idris, M., Muhammad, N. F., Al-Baldawi, I. A., & Ismail, N. (2019). Phytoremediation of nutrients and organic carbon from sago mill effluent using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 51(4), 573-584. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2019.51.4.8>
- Niño-Sulkowska, M. S., & Lot, A. (1983). Estudio demográfico del lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms: Dinámica de crecimiento en dos localidades selectas de México. *Botanical Sciences*, (45),71-83. <https://doi.org/10.17129/botsci.1300>
- Nyawacha, S. O., Meta, V., & Osio, A. (2021). Spatial temporal mapping of spread of water hyacinth in winum gulf, lake victoria. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 341-346. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2021-341-2021>
- Oksanen, J., Kindt, R., & O'Hara (2005). Community ecology package. Community ecology package. *The vegan Package, version 1.6-10*, 88 pp. <http://sortie-admin.readyhosting.com/lme/R%20Packages/vegan.pdf>
- Oviedo, R., & González-Oliva, L. (2015). Lista nacional de plantas invasoras y potencialmente invasoras en la República de Cuba-2015. *Bissea*, 9, 1-88. <https://revistas.uh.cu/bissea/article/view/5234>
- Pérez, S. A., Vega, J. A., Rodríguez, F., Fernández, C., Vega-Nieva, D., Álvarez-González, J. G., & Ruiz-González, A. D. (2017). Validación de los índices de teledetección dNBR y RdNBR para determinar la severidad del fuego en el incendio forestal de Oia-O Rosal (Pontevedra) en 2013. *Revista de Teledetección*, 49, 49-61. <https://doi.org/10.4995/raet.2017.7137>
- R Core Team. (2018). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Foundation for Statistical Computing. <https://cran.r-project.org/>
- Rodríguez, J.C., Chire, M., Rodríguez, S., & Guilarte, A. (2013). Crecimiento y potencial reproductivo de la bora (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) (Pontederiaceae) en algunas lagunas de la planicie de inundación del tramo medio, Río Orinoco, Venezuela. *Agrobiología*, 25(2), 142-150. <http://ve.scielo.org/pdf/saber/v25n2/art03.pdf>
- Royimani, L., Mutanga, O., Odindi, J., Dube, T., & Matongera, T. N. (2019). Advancements in satellite remote sensing for mapping and monitoring of alien invasive plant species (AIPs). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 112, 237-245. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.12.004>
- Shao-Hua, Y., Wei, S., & Jun-Yao, G. (2017). Advances in management and utilization of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in aquatic ecosystems – a review. *Critical Reviews in Biotechnology*, 37(2), 218-228. <https://doi.org/10.3109/07388551.2015.1132406>
- Singh, G., Reynolds, C., Byrne, M., & Rosman, B. (2020). A remote sensing method to monitor water, aquatic vegetation, and invasive water hyacinth at national extents. *Remote Sensing*, 12(24), 4021. <https://doi.org/10.3390/rs12244021>
- Thamaga, K. H., & Dube, T. (2019). Understanding seasonal dynamics of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the Greater Letaba river system using Sentinel-2 satellite data. *GIScience & remote sensing*, 56(8),1355-1377. <https://doi.org/10.1080/15481603.2019.1646988>
- Ting, W. H. T., Tan, I. A. W., Salleh, S. F., & Wahab, N. A. (2018). Application of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for phytoremediation of ammoniacal nitrogen: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 22, 239-249. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.02.011>
- Tucker, C. J., Holben, B. N., Elgin Jr, J. H., & McMurtrey III, J. E. (1980). Remote sensing of total dry-matter accumulation in winter wheat. *Remote Sensing of Environment*, 11, 171-189. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19800021303/downloads/19800021303.pdf>
- Uphof, J. T. (1924). Ecological observations on plants of the marshes and swamps of Central Cuba. *Ecology*, 363-371. https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2307/1929298?casa_token=HGyPO65YajwAAAAA:aS2M--oCb1S9PENZ_smbHIHTdawn9ETy-9CFHx_GDrLdFP8P1-3r-47HglzkyQ_-Nfli99Nv33RDpUSaog
- Valero-Jorge, A., González-De Zayas, R., Matos-Pupo, F., Becerra-González, A. L., & Álvarez-Taboada, F. (2024). Mapping and Monitoring of the Invasive Species *Dichrostachys cinerea* (Marabú) in Central Cuba Using Landsat Imagery and Machine Learning (1994-2022). *Remote Sensing*, 16(5), 798. <https://doi.org/10.3390/rs16050798>

- Worqlul, A. W., Ayana, E. K., Dile, Y. T., Moges, M. A., Dersseh, M. G., Tegegne, G., & Kibret, S. (2020). Spatiotemporal dynamics and environmental controlling factors of the Lake Tana water hyacinth in Ethiopia. *Remote Sensing*, 12(17), 2706. <https://doi.org/10.3390/rs12172706>
- Yacouby, R., & Axman, D. (2020). November. Probabilistic extension of precision, recall, and f1 score for more thorough evaluation of classification models. In *Proceedings of the first workshop on evaluation and comparison of NLP systems* (pp. 79-91). <https://aclanthology.org/2020.eval4nlp-1.9.pdf>

Protection of vineyards from Zonda wind: Evaluation of forest windbreaks. Mendoza, Argentina

Protección de viñedos contra el viento Zonda: evaluación de cortavientos forestales. Mendoza, Argentina

AUTHORSHIP

Rodolfo Dematte

Unidad investigativa epistemología Lógica y Ciencias Básicas Grupo IEMI. Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Mendoza / Instituto de Energías Naturales Renovables CENIIT SECyT, Universidad Nacional de La Rioja, Argentina.

Ernesto Gandolfo Raso

Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Mendoza / Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.

Josefina Huespe

Unidad investigativa epistemología Lógica y Ciencias Básicas Grupo IEMI. Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Mendoza / Laboratorio de Física DETI 1 Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.27853>

CITATION

Dematte, R., Gandolfo Raso, E., & Huespe, J. (2025). Protection of vineyards from Zonda wind: Evaluation of forest windbreaks. Mendoza, Argentina. *Investigaciones Geográficas*, (83), 91-107. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27853>

CORRESPONDENCE

Rodolfo Dematte (rdematte@gmail.com)

HISTORY

Received: 27 June 2024
Accepted: 5 November 2024
Published: 23 January 2025

TERMS

© 2025 Rodolfo Dematte, Ernesto Gandolfo Raso, Josefina Huespe

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

Abstract

In order to analyze the behavior of the Zonda wind in Mendoza Province, Argentina, the impact of various configurations and levels of optical porosity in forest windbreaks was evaluated. Different configurations of forest curtains were designed, and computational fluid dynamics (CFD) simulations were conducted using OpenFOAM software to assess the protective effect of the windbreaks. The simulations considered the Zonda wind speed type 2 (25 m/s), together with varying levels of optical porosity and geometries of the forest curtains. The results reveal that forest curtains significantly reduce the impact of strong Zonda winds. The effectiveness of these configurations is directly related to the degree of optical porosity (OP) of the forest curtains. A comparison of these findings with the existing literature highlights the importance of OP and the arrangement of forest curtains in mitigating the effects of the Zonda wind. These results corroborate previous studies that have emphasized the crucial role of windbreak structures in protecting agricultural crops from adverse weather conditions. In conclusion, the implementation of forest curtains with a porosity of between 35% and 50% is recommended to achieve effective protection against the Zonda wind in the vineyards of Mendoza. Future research is suggested to further optimize windbreak configurations and improve crop resistance to extreme weather events.

Keywords: windbreak curtains; *vitis vinifera*; shelter effect; CFD; OpenFOAM; Mendoza; Argentina.

Resumen

Para analizar el comportamiento del viento Zonda en la provincia de Mendoza, Argentina, se evaluó el impacto de diversas configuraciones y niveles de porosidad óptica en cortinas forestales. Se diseñaron diferentes configuraciones de cortinas forestales y se realizaron simulaciones de dinámica de fluidos computacional (CFD) utilizando el software OpenFOAM para evaluar el efecto protector de las cortinas. Las simulaciones consideraron la velocidad de viento Zonda tipo 2 (25 m/s), junto con diferentes niveles de porosidad óptica y geometrías de las cortinas forestales. Los resultados mostraron que las cortinas forestales reducen significativamente el impacto de los fuertes vientos Zonda. La efectividad de estas configuraciones estuvo directamente relacionada con el grado de porosidad óptica (PO) de las cortinas forestales. Al comparar

estos hallazgos con la literatura existente, se destacó la importancia de la PO y la disposición de las cortinas forestales en la mitigación de los efectos del viento Zonda. Estos resultados corroboran estudios previos que han subrayado el papel crucial de las estructuras de cortinas en la protección de cultivos agrícolas contra condiciones climáticas adversas. En conclusión, se recomienda la implementación de cortinas forestales con una porosidad entre el 35% y el 50% para lograr una protección efectiva contra el viento Zonda en los viñedos de Mendoza. Se sugiere realizar futuras investigaciones para optimizar aún más las configuraciones de las cortinas y mejorar la resistencia de los cultivos a eventos climáticos extremos.

Palabras clave: cortinas rompevientos; *vitis vinifera*; efecto refugio; CFD; OpenFOAM; Mendoza; Argentina.

1. Introduction

The Zonda wind is a meteorological phenomenon that primarily affects the Andes region in Argentina, especially the province of Mendoza. This wind originates in the Andes mountains and descends eastward, gaining speed and temperature as it descends the mountain slopes (Norte, 1988; Goldberg, 2010). The Zonda wind can have a significant impact on Mendoza's vineyards. Its intense gusts, with speeds ranging between 65 and 120 km/h (Otero, 2018; Norte, 2015), and high temperature can cause damage to the crop, especially during the flowering and growing season of the vine. Plant dehydration, soil moisture loss, and leaf abrasion are some of the problems that can arise due to this wind (Caretta et al., 2004). Additionally, the Zonda can cause wildfires due to its high temperature and dryness (Norte, 2015). In recent years, there has been an increased frequency of Zonda wind events in the province of Mendoza, but there are still no studies directly linking it to climate change but "in 2023, there has already been more Zonda wind than in the last four years" (Lagaglia, 2023, p.1). The annual distribution of Zonda wind occurrences shows a preference for winter and spring with almost no occurrences during summer (Antico et al., 2015).

To protect vineyards from the Zonda wind, viticulturists often implement various measures such as installing natural or artificial windbreaks, proper irrigation to maintain soil moisture, and using crop management techniques that minimize the effects of the wind (Gardiner et al., 2016; Oberschelp et al., 2020; Ramilo, 2022). However, despite these preventive measures, the Zonda wind remains a challenge for viticulture in the Mendoza region. While some studies analyze this phenomenon, they only address the probabilities of damage by the Zonda wind during the flowering of vines and other crops (Caretta et al., 2004), not the effect of windbreak protection on these crops.

This is where windbreaks, also known as shelterbelts or forest curtains, serve a crucial role in protecting vine crops. In this research, we will analyze the importance of windbreaks and their shelter effect on vineyards. The shelter effect created by windbreaks is fundamental for the health and performance of vineyards. These natural or artificial barriers reduce wind speed and create protected areas behind them where vines can develop more optimally. Although windbreaks are widely used, accepted, and adopted, engineering guidelines are lacking to determine the level of performance (i.e., reduction of incident wind speed) they provide to protected areas (Lyu et al., 2020; Miri et al., 2017). Several studies report that the effectiveness of a windbreak is intrinsically related to the flow characteristics in various regions (Judd et al., 1996; Dong et al., 2006; Lyu et al., 2020). Some authors use the d_{20} as a measure to evaluate the shelter effect of windbreaks. The d_{20} is an indicator that shows a correlation between optical porosity and the protective effect, with a 20% reduction in the original wind speed (Judd et al., 1996; Lyu et al., 2020; Wang & Takle, 1997).

This study addresses the understanding of the shelter effect through Computational Fluid Dynamics (CFD) (Wang et al., 2024), as it is a powerful tool for simulating and visualizing fluid flow, such as air, around complex objects. OpenFOAM is a widely used open-source software for performing CFD simulations and is especially suitable for studies in engineering and environmental sciences. Applying OpenFOAM to simulate the shelter effect on crops can provide a detailed understanding of how terrain features affect air flow around plants, which in turn can inform agricultural practices to optimize crop growth and yield (Gonzales et al., 2018; Gonzales et al., 2019; Liu et al., 2018). Combining fluid flow theory with computational simulation technology provides a powerful tool for understanding and harnessing the shelter effect in vineyards, thus contributing knowledge that can significantly improve wine production.

Based on the aforementioned points and considering the economic significance of the Zonda wind's impact in Mendoza, the objective of this research is to evaluate the behavior of the Zonda wind as it interacts with various forest windbreak curtains that protect vine crops. Additionally, this study aims to determine the protective effect of these forest barriers with different configurations and levels of optical porosity. The findings

are intended to provide valuable insights for developing agricultural and forestry management strategies that enhance the sustainability and profitability of crops in areas susceptible to severe winds.

2. Methodology

2.1. Study area

Argentina stands out as a major producer of grapes and wine globally, with a winemaking tradition that dates back centuries (Lacoste, 2019). The Argentine wine industry has experienced notable growth and development in recent decades, consolidating itself as one of the leading countries in the international wine market. Viticulture in Argentina extends throughout the country, from the subtropical regions of the north, such as Salta and Jujuy, to the colder areas of the south, such as Patagonia. However, the most recognized and iconic region of Argentine viticulture is the province of Mendoza, located in the Cuyo region in the west of the country (Figure 1.). Mendoza is responsible for most of Argentina's grape and wine production (Instituto Nacional de Vitivinicultura [INV], 2023).

Figure 1. Map of Argentina, highlighting the province of Mendoza in red color



Source: Tubs (2011)

The province of Mendoza produces 64.23% of the total national grape production and concentrates 74% of the wine produced in Argentina. With 76.14% of the national surface dedicated to grape cultivation, Mendoza has 145,393 hectares distributed in 14,936 vineyards. The vast majority of its production, 99.1%, is destined for wine production, while only 0.9% corresponds to fresh grapes. In addition, 58.2% of the vineyards in the province are cultivated on trellises, which optimizes the quality and yield of the grapes, reaffirming the importance of Mendoza as the main driver of the Argentine wine industry (INV, 2023).

Economically, viticulture and the wine industry play a significant role in the Argentine economy, generating employment, boosting wine tourism, and contributing to the country's exports. Argentine wines are exported to numerous international markets, including the United States, Canada, the United Kingdom, Brazil, and various European and Asian countries (INV, 2023). Wine production is an integral part of the country's cultural and economic identity (Lacoste, 2019). However, the viability of vineyards faces constant challenges, especially in terms of protection against adverse weather conditions, particularly the Zonda wind phenomenon (Goldberg, 2010).

2.2. Numerical simulation

In this section, we describe in detail the materials used and the methods employed to carry out the study of the impact of windbreak curtains and their protective effect (shelter and d_{20}). CFD is chosen because it is a widely validated technique that allows for the simulation and evaluation of wind effects on crops (Hong et al., 2019; Philips & Soligo, 2019; Rosenfeld et al., 2010).

2.2.1. Software

The OpenFOAM software package (version 8), SIMPLE module (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations) by Patankar & Spalding (1972), was used as it has been extensively used in research to solve different types of fluid problems to carry out numerical simulations. As mentioned earlier, OpenFOAM is an open-source tool widely used in the scientific community to solve computational fluid dynamics (CFD) problems.

2.2.2 Turbulence Model

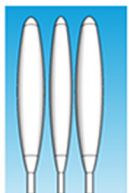

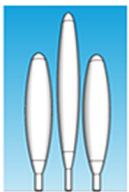

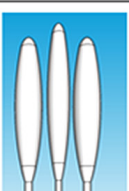

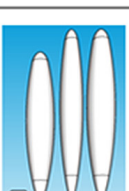

The k-epsilon turbulence model was implemented in the simulations. This model was selected due to its ability to capture turbulence in airflows, which is essential for understanding the effect of windbreaks on the shelter phenomenon.

2.3 Model geometry

2.3.1 Windbreaks

The geometry of the windbreak curtain was designed according to the standard specifications used in practical applications (Oberschelp et al., 2020). The forest curtain has an SJ configuration proposed by Wang & Takle (1997, Figure 2). The variety used is *Populus nigra*, widely used as a forest curtain in Mendoza (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2011; Peri, 2003; Ramilo, 2022).

Figure 2. Forest curtain configuration model proposed by Wang & Takle (1997)

		Windbreak configuration HH
		Windbreak configuration AA
		Windbreak configuration SA
		Windbreak configuration SJ







Own elaboration

2.4. Experimental design

Forest barriers can be constructed using various species of shrubs and trees in multiple configurations, thus generating a variety of cross-sectional shapes. In this study, different configurations are used to analyze how the shape of the forest barrier affects the protection effects (Figure 3).

- Test A without windbreak.
- Test B: With a forest barrier with a double row of trees in parallel configuration.
- Test C: With double-row forest barrier interspersed (3 trees first, 4 later).
- Test D: With double-row forest barrier interspersed (4 trees first, 3 later).
- Test E: With triple forest barrier (hedge and three interspersed rows: 4 trees, 3 trees, 4 trees).
- Test F: With triple parallel forest barrier (hedge and three rows of trees in parallel configuration).

Figure 3. Different windbreak configurations

Test		Windbreak configuration
A	without windbreak	
B	double parallel windbreak	
C	double-row windbreak (3 trees, then 4)	
D	double-row windbreak (4 trees, then 3)	
E	triple staggered windbreak with hedge	
F	triple windbreak parallel with hedge	

Own elaboration

2.5. Calculation of optical porosity

Optical porosity serves as a natural descriptor of forest curtains (Heisler & DeWalle, 1988). To calculate optical porosity (OP), Equation 1 proposed by Heisler & DeWalle (1988), Miri et al. (2017), Obershelp et al. (2020), Stredová et al. (2012) and Kučera et al. (2020) were used.

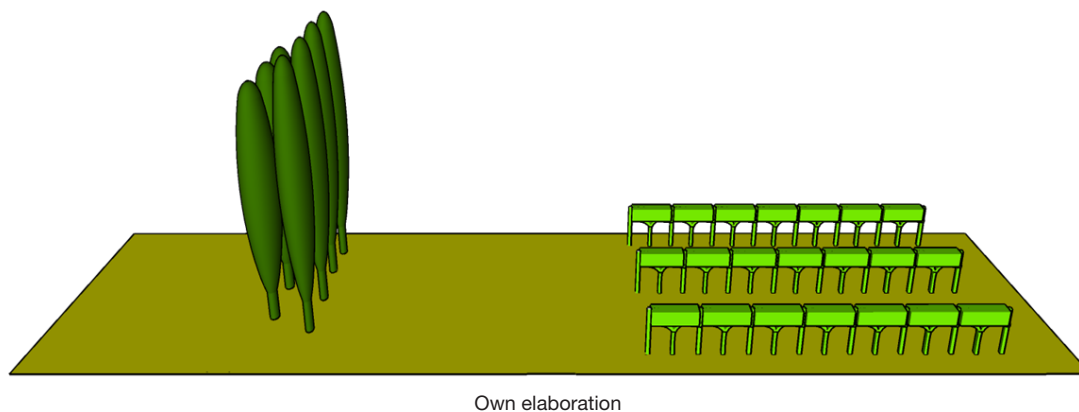
$$OP = \frac{(total\ pore\ area)}{(total\ solid\ plant\ area) + (total\ pore\ area)} \tag{Equation 1}$$

2.6. Computational domain

The computational domain was defined with dimensions suitable to capture the airflow around the windbreaks. Influential boundary conditions, such as incident wind speed and local atmospheric conditions, were considered. For all simulated cases, the computational domain has dimensions of 40 m in width, 200 m in length, and 40 m in height.

The plant models have 0.85 m high shrub hedges, 6-meter-high plants in the first row and 6.6 meter-high from the second row (H), with an SJ configuration (Wang & Takle, 1997). The separation between each floor is 1.2 m. The cultivation of *vitis vinifera* is organized on low trellises 1.2m high, the planting frame is 1.20 separated between rows of 3m. The distance between the crop and the forest curtain is 2H (13.2 m) (Figure 4).

Figure 4. Model example Test C: double-row forest barrier interspersed (3 trees first, 4 later)



2.7. Boundary conditions

2.7.1. Flow entry

Inlet conditions were established to simulate the air flow incident on the windbreaks. These conditions were based on real meteorological and statistical data; due to its repeatability, Zonda type 2 wind was chosen for the study, whose maximum speed is 25 m/s (Norte, 2015).

2.7.2. Flow exit

Appropriate exit conditions were applied to guarantee the convergence of the simulations and avoid edge effects in the computational domain.

2.8. Computational meshing

A structured or unstructured computational mesh was generated around the windbreak's geometry and the surrounding domain. Special attention was paid to mesh density and quality to ensure accurate results and proper simulation convergence.

Tests were carried out to verify mesh convergence. The maximum mesh size is 0.125m³. For the simulation, 2.56 million cells were meshed using the blockMesh® meshes (refinements vary with domain size). In regions close to crops and windbreaks, they were refined using the snappyHexMesh® meshes.

2.9. Simulation procedure

- Preprocessing: a preprocessing stage was carried out to configure the model geometry, define the boundary conditions, and generate the computational mesh.
- Numerical resolution: simulations were performed using appropriate numerical resolution methods, including spatial and temporal discretization schemes.
- Post-processing: a comprehensive analysis of the simulation results was performed with Paraview @5.6.2 to extract relevant information on the airflow behavior around the windbreaks and the resulting shelter effect. Meanwhile, the wind gradient curves were obtained using GNU Image Manipulation Program (GIMP version 2.10.38)

2.10. Governing equations

High-performance computing resources (Intel core i5 -10400, 2.9 GHz) were used to carry out the numerical simulations due to the complexity of the problem and the need to solve the Navier-Stokes equations to describe the turbulent airflow. The shelter effect is a fluid dynamic phenomenon of great importance that can have significant implications in the distribution of velocity and pressure in the environment of the obstacle, thus affecting the overall behavior of the flow.

The Navier-Stokes Equation is a fundamental tool in fluid mechanics that describes the motion of a viscous fluid. This equation, derived from the fundamental principles of conservation of mass and momentum, together

with Newton's second law for moving fluids, can help us model and predict the shelter effect in different situations. The Navier-Stokes Equation is composed of two main parts: the convective term, which represents the transport of fluid properties due to fluid motion, and the viscous term, which models the diffusion of fluid properties due to viscosity. When considering flow around an obstacle such as forest curtains, these terms are crucial in understanding the shelter effect.

The interaction between these terms in the Navier-Stokes Equation allows us to study how the shelter effect varies depending on the shape and size of the obstacle, as well as the incident flow conditions. The Navier-Stokes equation, together with the k-epsilon turbulence model, was implemented in this OpenFOAM model to simulate turbulent flows representing the zone wind impacting the windbreaks.

The k-epsilon model is one of the most widely used turbulence models in computational fluid dynamics (CFD) due to its balance between accuracy and computational efficiency. In OpenFOAM, this model is implemented to simulate turbulent flows in a wide range of applications. The governing equations in the OpenFOAM k-epsilon model are based on the Reynolds-averaged Navier-Stokes (RANS) equations, and are described as follows:

The formulation of the Navier Stokes equations for incompressible flow together with the k-epsilon model (Equation 2, 3 and 4) in OpenFOAM is:

$$\frac{\partial(\rho U)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho U U) = -\nabla p + \nabla \cdot (\mu \nabla U) - \rho g - \rho \varepsilon k \quad \text{Equation 2}$$

Where:

ρ is the density of the fluid

U is the velocity vector

p is the pressure

g is the gravitational acceleration vector

ε is the turbulence dissipation rate

k is the turbulent kinetic energy

Regarding the turbulence dissipation rate ε and the turbulent kinetic energy k

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho U k) = \nabla \cdot \left[\left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} + \frac{\mu}{\sigma_k} \right) \nabla k \right] + P_k - \rho \varepsilon C_{\varepsilon 1} k + \nabla \cdot (\rho U U) \cdot U - \rho \varepsilon C_{\varepsilon 2} \frac{k^2}{\varepsilon} \quad \text{Equation 3}$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho U \varepsilon) = \nabla \cdot \left[\left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} + \frac{\mu}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right] + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} P_k - C_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + \rho \varepsilon C_{\varepsilon 1} k - \rho \varepsilon C_{\varepsilon 1} k - \rho C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \nabla \cdot (\rho U U) \quad \text{Equation 4}$$

Where:

μ_t is the turbulent viscosity

σ_k and σ_ε are Prandtl coefficients

P_k is the rate of turbulent kinetic energy production

$C_{\varepsilon 1}$ and $C_{\varepsilon 2}$ are constants of the k - ε model

These equations, together with the boundary and initial conditions, are those that are solved numerically in the model used in OpenFOAM to obtain the solution of the turbulent flow.

These equations represent the conservation of turbulent kinetic energy and the dissipation of turbulent energy, respectively. In OpenFOAM, these equations are solved numerically together with the mass and momentum conservation equations to predict the behavior of turbulent flow in a given domain. Additional terms, such as turbulent kinetic energy production and turbulent energy dissipation, are modeled using empirical hypotheses and relationships that depend on the specific flow and geometry.

3. Results

3.1. Windbreak optical porosity

The optical porosity of the forest curtain and the classification it based on permeability are shown in Table 1 (Wang & Takle, 1997). Optical porosity is associated with the different geometric configurations of the forest curtains.

Table 1. Optical porosity of the tests conducted

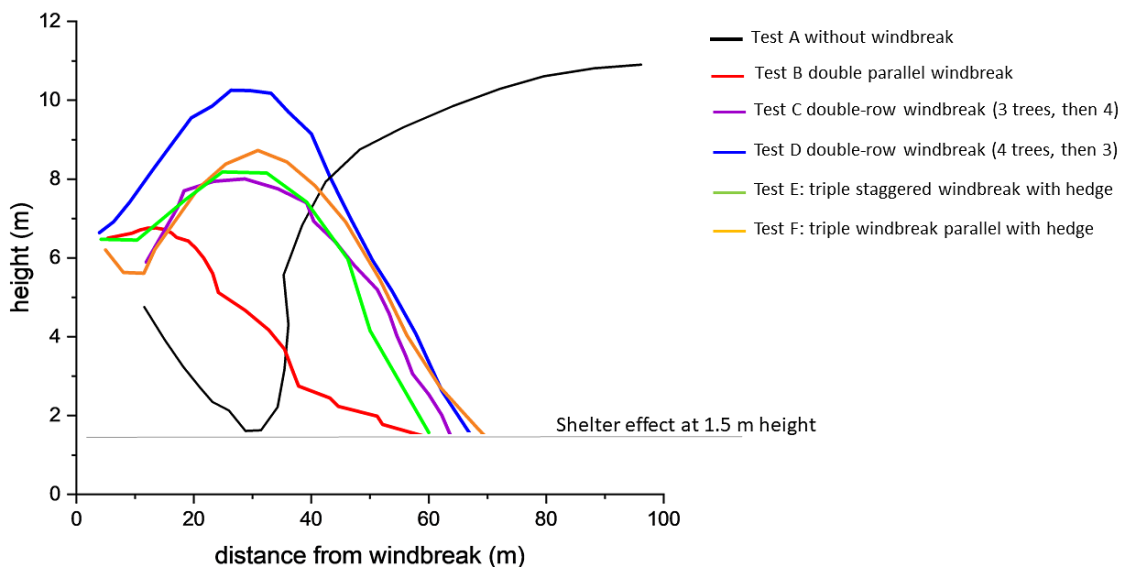
Test	Optical porosity	Classification
Test A: Without forest barrier.	100.00%	Permeable
Test B: With a forest barrier with a double row of trees in parallel configuration	53.75%	Permeable
Test C: With double-row forest barrier interspersed (3 trees first, 4 later).	36.71%	Semi-permeable
Test D: With double-row forest barrier interspersed (4 trees first, 3 later).	36.71%	Semi-permeable
Test E: With triple forest barrier (hedge and three interspersed rows: 4 trees, 3 trees, 4 trees).	28.26%	Semi-permeable
Test F: With triple parallel forest barrier (hedge and three rows of trees in parallel configuration).	43.20%	Semi-permeable

Own elaboration

3.2. Evaluation of the protection effect of windbreaks

This study analyzes the protective effect of windbreaks through various tests with different windbreak configurations that compare the behavior of category 2 Zonda wind at a speed of 25 m/s. (Figure 5). In the bibliography, H represents the height of the forest windbreak or barrier used in the tests. The relationship between this height and the distance of the protective effect in reducing wind speed is measured in terms of units of H (Judd et al., 1996; Lyu et al., 2020; Wang & Takle, 1997). As the crops are vineyards with low trellises, which are 1.2 meters high, a protection height of 1.5 meters is considered in this research.

Figure 5. Protection distances from the forest curtain. Comparative study between different tests. Graphic made in Origin software®



Own elaboration

In Test A, where no forest curtains are present (100% optical porosity), the wind impacts directly, resulting in no significant reduction in speed (Figure 6). The results of all conducted tests are illustrated in the graphs shown in Figures 7, 8, 9, 12, and 13.

Tests C (Figure 7) and D (Figure 8), both double rows of interspersed trees (optical porosity of 36.71%), have similar results, equivalent to between 10H (66 m) and 11H (72 m) respectively. This configuration significantly reduces wind speed and protects crops, reducing the direct impact of Zonda wind category 2. The alternation of 3 and 4 trees provides a structure allowing air circulation, avoiding damage from too strong winds while maintaining an effective barrier.

Meanwhile, Test E (Figure 12), with an optical porosity of 26.71% (triple row interspersed with hedges), yields similar results to Test B (Figure 9), which has a porosity of 53.75% (9H, 60 m).

In the case of the F test (Figure 13), optical porosity of 43.20% (three rows in parallel with hedge) has a protective effect of 76 m 12H (Figure 5).

3.3. Comparisons between tests

The comparisons aimed at evaluating the relative effectiveness of different windbreak configurations (Table 2). These comparisons will provide insight into how different windbreak configurations influence protection against severe wind events like Zonda 2, helping to optimize windbreak design for agricultural and environmental applications.

Table 2. Comparisons made between tests

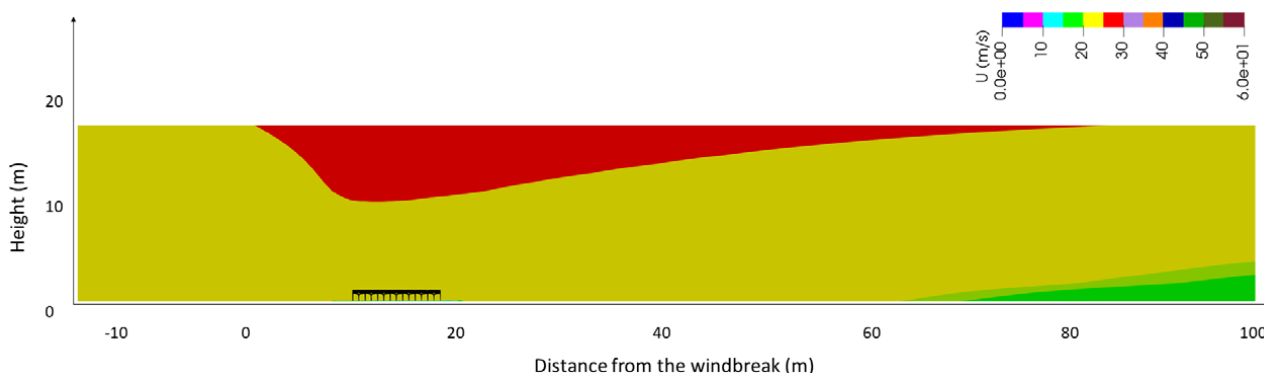
Test	Detail
Test A (no forest curtain control)	This test served as a basis for understanding natural wind exposure without any windbreak intervention.
Test C vs. D	Comparison between different configurations of double interspersed row of windbreaks to determine which one provides better protection against Zonda 2 wind.
Test C vs. B	Evaluation of the effectiveness of the windbreak comparing different interleaved versus parallel configurations.
Test E vs. F	Comparison focused on the protection of triple row windbreaks with a hedge to establish the protected area.
Test F vs. C	Evaluation of the effectiveness of the parallel triple row windbreak with hedge versus double interspersed row
Test E vs. C	Evaluation of the effectiveness of the triple row windbreak interspersed with hedge versus double row interspersed without hedge

Own elaboration

3.3.1. Test A

Test A is a control test conducted without a forest barrier to observe how the wind behaves without a windbreak. The wind directly impacts the crop at a speed of 25 m/s, equivalent to a Zonda category 2 wind (Norte, 2015). The optical porosity of 100% is equivalent to not having any type of barrier to protect from the wind. This wind would affect the entire plantation during the flowering and fruiting period; it would cause the total harvest loss and physically damage the plant severely; in many cases, the plants are left with bare roots (Figure 6).

Figure 6. Test A. Wind behavior and speed in crop fields without forest curtains. Graphic made in Paraview software®. Prepared based on the results obtained



Own elaboration

3.3.2. Test C versus Test D

In the windbreak tests, we compared Test C, which featured a double interspersed row of trees (3 trees initially, followed by 4), with Test D, where the configuration was reversed (4 trees initially, followed by 3). These tests aimed to assess the effectiveness of different tree arrangements in providing windbreak protection.

The porosity of both barriers is 36.71%, which makes it considered a semi-permeable barrier. The results show that an alternating configuration reduces the impact of the Zonda wind by 25 m/s. In addition, it offers a protective effect on the crop at a 1.5 m height that extends a distance of 10 H for test C and 11 H for test D, which is equivalent to 66 and 72 m, respectively (Figure 7 and Figure 8).

Figure 7. Test C. Behavior and wind speed ($U=25\text{m/s}$) in crop fields with two-row forest curtains interspersed without hedges with optical porosity of 36.71%. Graphic made in Paraview software®. Prepared based on the results obtained

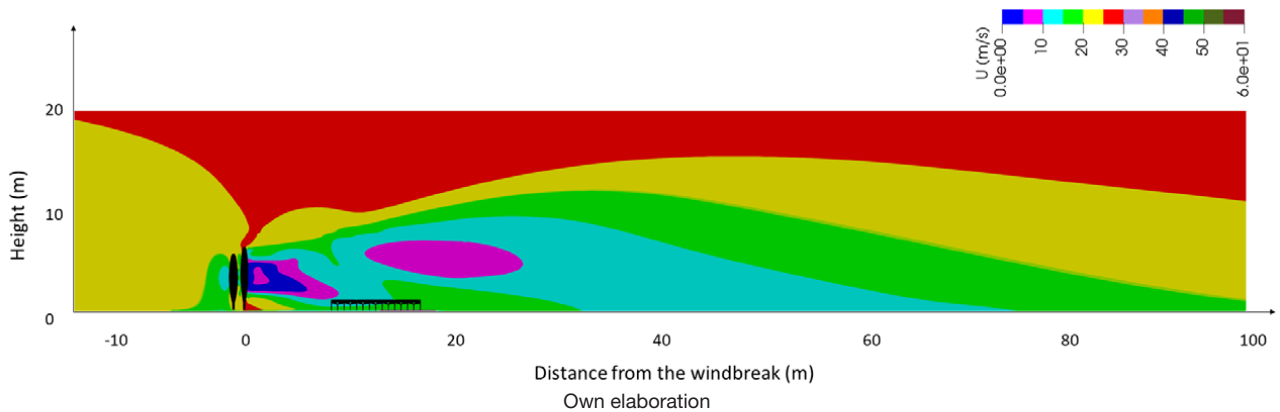
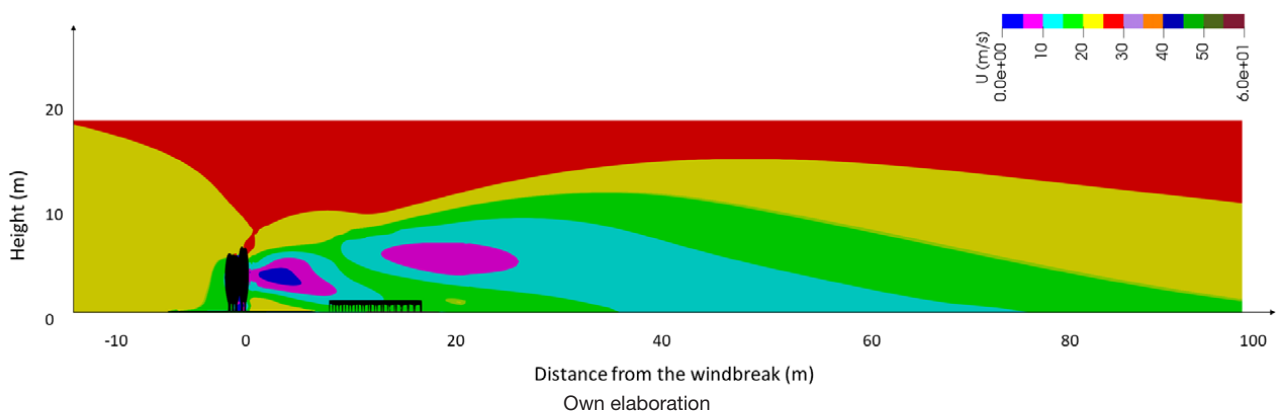


Figure 8. Test D. Behavior and wind speed ($U=25\text{m/s}$) in crop fields with two-row 4 x 3 forest curtains interspersed without hedges with optical porosity of 36.71%. Graphic made in Paraview software®. Prepared based on the results obtained



3.3.3- Test C versus Test B

In Test C (Figure 7) the protective distance is greater, resulting in fewer internal gusts exceeding speeds of 20 m/s. At a height of 1.5 m, the protected area in Test C extends approximately 66 m from the windbreak (10H). In contrast, Test B (Figure 9) shows a shorter protected area at the same height, covering about 56 m lengthwise (9H). Both tests can be verified in the top view graphs that show the shelter effect on the crop surface at a height of 1.5 m (Figure 10 and 11).

Figure 9. Test B. Behavior and wind speed ($U=25\text{ m/s}$) in crop fields with two-row forest curtains without intercropping without hedges with optical porosity of 53.75%. Graphic made in Paraview software®. Prepared based on the results obtained

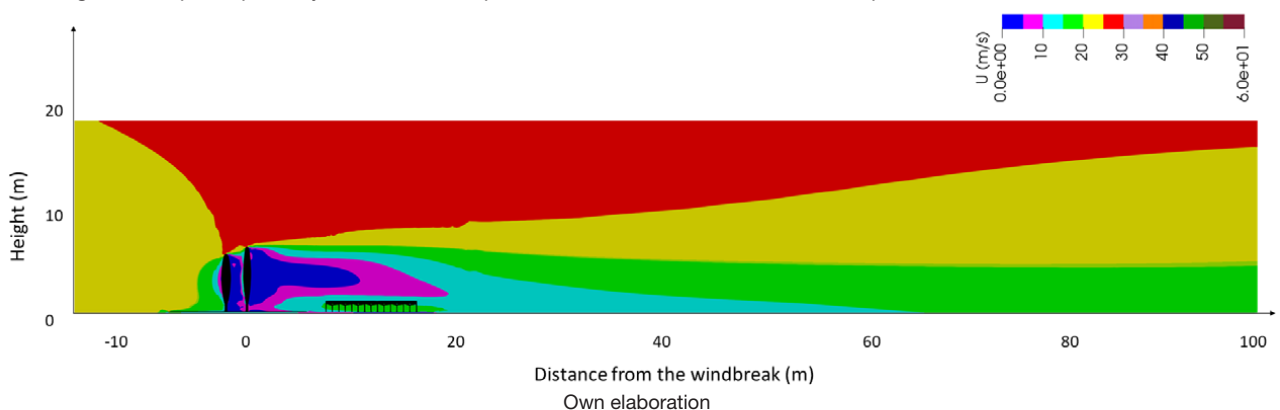


Figure 10. Test B behavior and wind speed ($U=25$ m/s) in crop fields with two-row forest curtains without intercropping without hedges with optical porosity of 53.75% View at $Z=1.5$ m height from level ground. Graphic made in Paraview software®. Prepared based on the results obtained

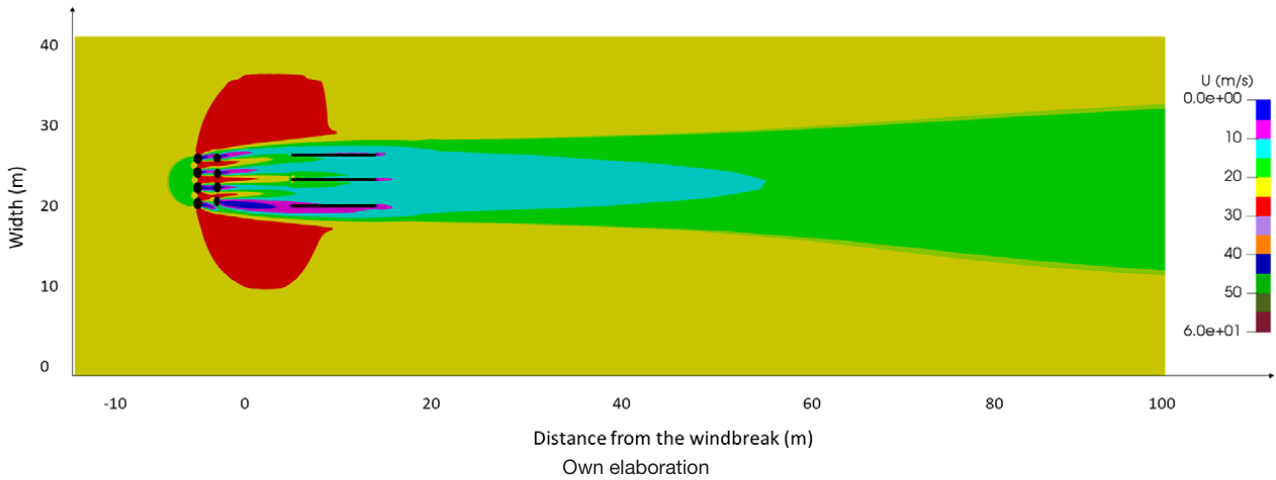
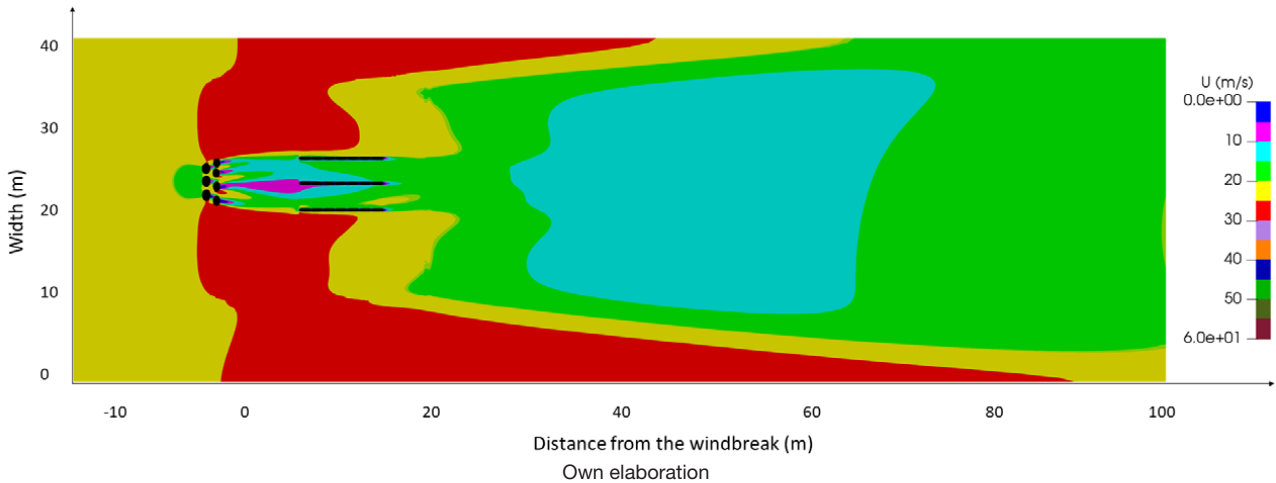


Figure 11. Test C. Behavior and wind speed ($U=25$ m/s) in crop fields with two-row forest curtains interspersed without hedges with optical porosity of 36.71% View at $Z=1.5$ m height from plant level floor. Graphic made in Paraview software®. Prepared based on the results obtained



3.3.4. Test E versus Test F

In the case of test E (optical porosity 28.26%), the protection distance is less than test F (optical porosity 43.20%), but it presents greater stability. Within the protection effect the speeds are less than 15 m/s, providing a greater barrier. dense and stable. The protection distance is equivalent to 9H, useful for the case of plantations with little extension and with severe Zonda events (Figure 12 and Figure 13).

Figure 12. Test E. With triple forest barrier (hedge and three interspersed rows: 4 trees, 3 trees, 4 trees) behavior and speed of the wind ($U=25$ m/s) in crop fields with forest curtains of three rows interspersed with hedges with optical porosity of 28.26%. Graphic made in Paraview software®. Prepared based on the results obtained

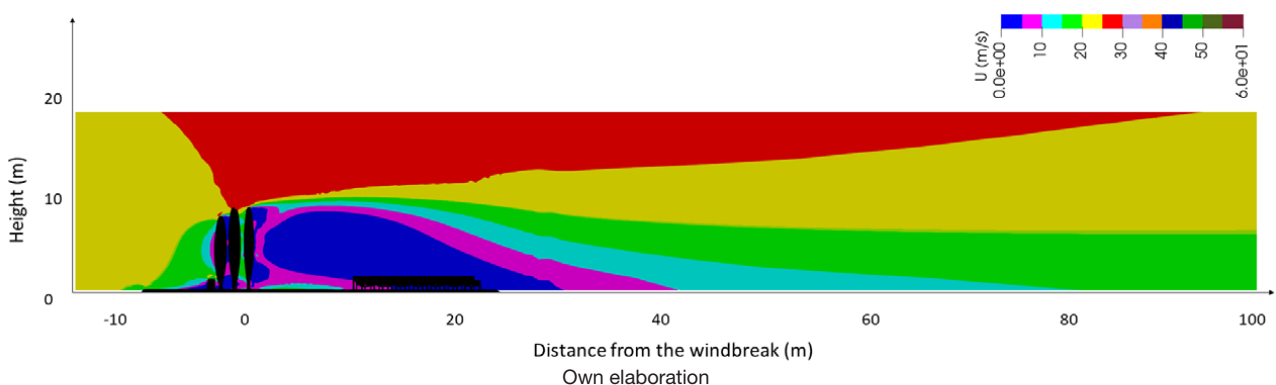
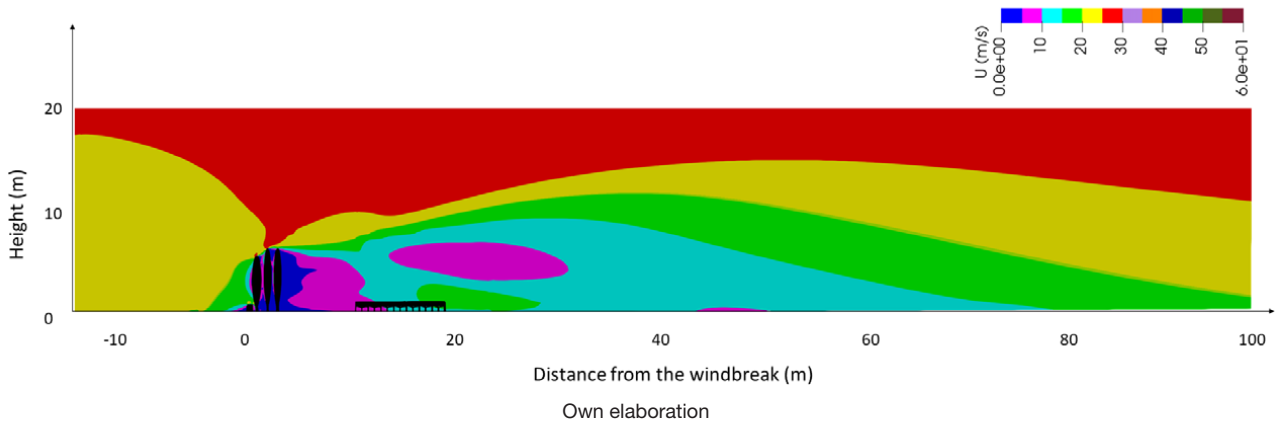


Figure 13. Test F. Behavior and wind speed ($U=25\text{m/s}$) in crop fields with forest curtains of three parallel rows not interspersed with hedges with optical porosity of 43.20%. Graphic made in Paraview software®. Prepared based on the results obtained



In the case of test F, the protection distance is greater but there are internal gusts of high speeds greater than 15 m/s, the protection distance extends up to 12H, useful for the case of large plantations but in light zonda events (Figure 14 and 15).

Figure 14. Test E behavior and wind speed ($U=25\text{ m/s}$) in crop fields with forest curtains of three rows interspersed with hedges with optical porosity of 28.26% View at $Z=1.5\text{ m}$ height from ground level. Graphic made in Paraview software®. Prepared based on the results obtained

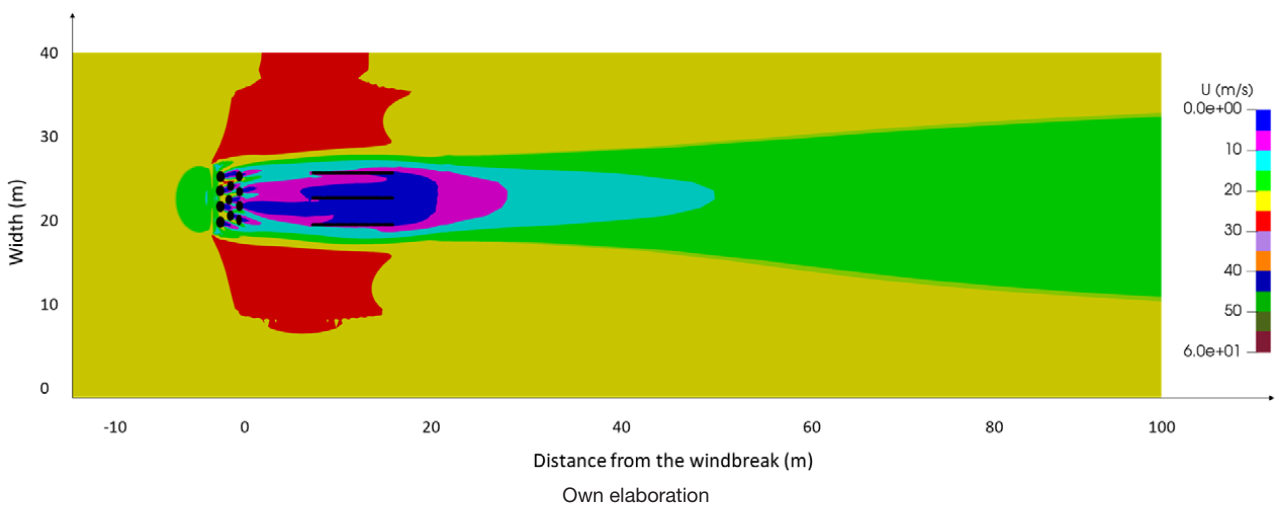
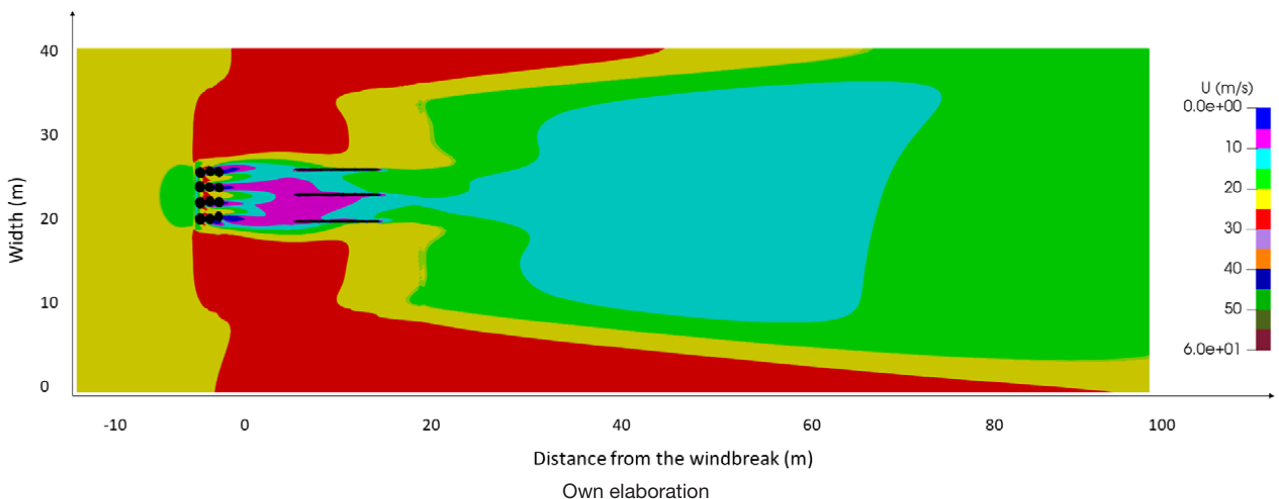


Figure 15. Test F. Behavior and wind speed ($U=25\text{m/s}$) in crop fields with forest curtains of three parallel rows not interspersed with hedges with optical porosity of 43.20% top view cut at $Z= 1.5\text{m}$. Graphic made in Paraview software®. Prepared based on the results obtained



3.3.5. Test E versus Test C

In this case, both tests are compared with different porosities. In the case of test E (Figure 12 and 14) the protection distance is smaller and there is more stability and protection, for speeds less than 10 m/s the protection distance is equivalent to 9H, this information is useful in the case of small plantations and strong zonda events. In the case of test C (Figure 7 and 11) the protection distance is greater but there are internal gusts of high speeds greater than 15 m/s; The protection distance is equivalent to 10H applicable in the case of large plantations, since due to the configuration vorticities are generated that nullify the protective effect but it is useful for mild zonda events.

3.3.6. Test F versus Test C

In the case of test C (Figure 7 and Figure 11), the protection distance equivalent to 10H applicable in the case of large plantations but mild Zonda events was previously analyzed. In the case of test F (Figure 13 and 15) the protection distance is greater but there are internal gusts with speeds greater than 15 m/s. The protection distance is equivalent to 12H. In both cases, these types of windbreaks are useful in the case of large plantations but only in areas where there is a predominance of slight windbreak events at low speeds (Figure 11 and 15).

3.4. Protection distance d_{20}

In simple terms, d_{20} indicates the distance at which the wind speed reduction reaches 20%. This measure is used to evaluate the effectiveness of windbreaks or forest barriers in mitigating wind speed and protecting areas behind them. Although the d_{20} were calculated, for our case study it has no applications because a 20% reduction in the speed of Zonda analyzed would still have harmful effects on the crops, the optimal speed is less than 15 m/s (Table 3)

Table 3. Protection distance d_{20}

Test	Optical Porosity	Protection distance d_{20}
A	100.00%	No show
B	53.75%	between 60-100 m
C	36.71%	between 70-100 m
D	36.71%	between 80-100 m
E	28.26%	between 55-100 m
F	43.20%	between 78-100 m

Own elaboration

It can be seen by analyzing the d_{20} that there is a correlation between optical porosity and the protective effect in the 20% reduction in wind speed. It is observed that as the optical porosity decreases (that is, the windbreak has a greater frontal surface), the value of d_{20} tends to increase. This means that windbreaks with lower optical porosity have a greater ability to reduce wind speed at greater distances from the windbreak.

4. Discussion

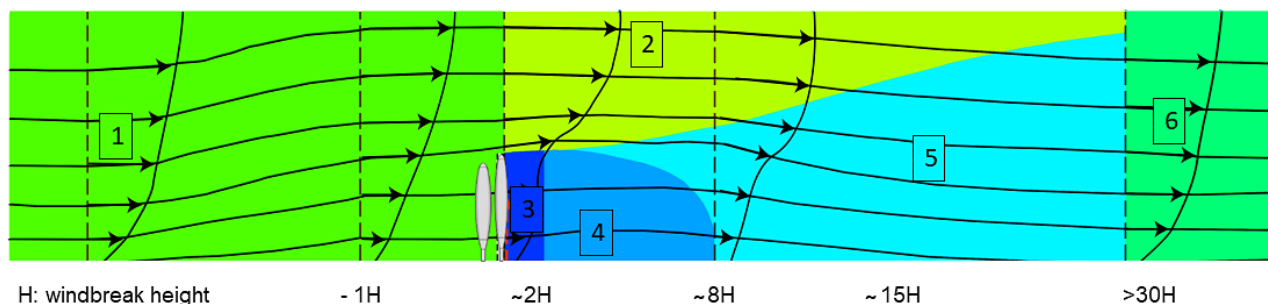
4.1 Protection distance d_{20}

Several authors mention about the protection distance d_{20} for forest curtains (Wang & Takle, 1997; Judd et al., 1996; Hong et al., 2019), in our case study it is not applicable because the high wind speeds Zonda (25m/s), a 20% decrease still affects the plantation, causing structural mechanical damage and loss of productive capacity. Furthermore, it is estimated that the 20% reduction in wind speed, known as d_{20} , is not applicable to the Zonda wind due to its intensity.

4.2. Wind behavior

In all the cases analyzed they show the behavior scheme of the wind against forest curtains, to a lesser or greater extent they approximate the image (Figure 16), the variation is related to the percentage of optical porosity of the windbreak curtain.

Figure 16. Scheme of velocity regions in forest curtains



Source: Judd et al. (1996) and Lyu et al. (2020). Own elaboration

Judd et al. (1996) and Lyu et al. (2020) explain that region 1 is the approach flow that impacts the forest curtain, generating two clearly differentiated zones; region 2, a displaced flow resulting from the collision of the wind with the forest curtain; in turn, there is region 3, which is the purge flow, what passed through the porosity of the forest curtain, the zone 4 is backwater zone where the velocities reduce and the shelter effect of the curtain is seen, a zone 5 where there is a transition zone until the initial force of region A which is called rebalancing zone (zone 6).

The protection zones usually extend between $2H$ and $8H$. Where H is the height of the curtain. Many authors maintain that the size of these regions maintains a certain proportionality with H (which is why it is taken as a normalized variable). The distortion of this scheme is associated with porosity; when this increases, zone 4 is reduced (Lyu et al, 2020)

This effect is more notable in curtains with a medium porosity, where a significant decrease in wind speed is observed, crucial to maintain adequate pollination conditions and plant resistance.

Yukhnovskiy et al. (2020) found that the effectiveness of optical porosity in windbreaks ranges between 40% and 50%, a finding supported by the experimental studies of Hong et al. (2015). However, it is important to consider that excessive densities in the vegetation of the curtains can counterproductively reduce the protected area, as indicated by previous studies (Heisler & DeWalle, 1988; Obershelp et al., 2020).

It was found that speeds greater than 15 m/s can cause significant damage to crop, including soil erosion and loss of plant material. For future studies, additional variations in wind speed will be explored to determine the optimal configuration of windbreaks that maximizes their effectiveness in protecting crops.

4.3. Windbreak configuration and shelter effect

The tests are classified based on their effectiveness in reducing wind impact, measured in multiples of H (height of the protection structure). Tests C, D, and F demonstrate significant effectiveness, ranging from $10H$ to $12H$, whereas Test E and Test B show moderate effectiveness at $9H$. Test A, without any protective curtains, shows minimal effectiveness, emphasizing the importance of optical porosity in windbreak configurations.

This relates to the effectiveness of windbreaks (as discussed in the mentioned studies) in reducing wind speed and protecting crops. Windbreaks can create significant air flow reduction zones, for example, from $10H$ to $15H$ in the lee wake zone (Hong et al., 2019). This reduction in air flow is crucial for protecting crops against direct wind impacts, especially in adverse weather conditions such as Zonda category 2 winds.

The study showed that forest windbreaks are effective in mitigating the effects of the Zonda wind, a severe climatic phenomenon in Mendoza with speeds that can reach up to 25 m/s. The different configurations of curtains, evaluated by their porosity and arrangement with respect to the prevailing wind, show that these structures are capable of significantly reducing the speed and modifying the direction of the wind in the protected area, known as the shelter effect.

The results obtained in this study on the effectiveness of forest windbreaks to mitigate the impact of the Zonda wind on vineyards in Mendoza are applicable to other agricultural regions with similar climatic conditions, such as the provinces of La Rioja, San Juan, Catamarca, Salta, and Jujuy, in areas near the Andes Mountains in Argentina (Norte, 2015). These regions experience not only strong, dry winds with characteristics like the Zonda, but also extreme temperature fluctuations, low humidity, and occasional dust storms, all of which can negatively affect crop yields and quality (Goldberg, 2010).

The implementation of forest windbreaks has been shown to reduce wind speed, protect soil from erosion, and minimize temperature fluctuations at the canopy level, thus helping to maintain optimal conditions for vine growth, aligning with the results presented by Hong et al. (2019), which demonstrate that windbreaks effectively enhance airflow patterns and microclimatic conditions, further benefiting crop productivity.

The findings suggest that these strategies can help reduce water stress and physical damage to crops, particularly during the critical stages of growth and fruiting. Moreover, the use of computational fluid dynamics (CFD) simulations to predict the behavior and protective effects of windbreaks adds a quantitative analysis, reinforcing the applicability of these strategies to a variety of crops beyond vineyards.

These examples demonstrate that such strategies are not only relevant for Mendoza but can also provide significant benefits to farmers in other regions of Argentina near the Andes, as well as to researchers seeking to optimize wind protection measures for agriculture in similar climates worldwide.

5. Conclusions

Based on the results obtained to evaluate the protective effect of various configurations of windbreak curtains, each with different levels of porosity, it is concluded that forestry curtains represent an effective measure of protection against the Zonda wind, known for its extreme speeds, that reaches up to 25 m/s, the most common event in the Mendoza region. The structure of the curtain, oriented perpendicular to the prevailing wind, causes a speed reduction and flow diversion effect, creating a shelter area that protects crops located up to 12H behind the curtain, depending on its configuration and optimal porosity.

The interaction of the wind with the forest curtain produces a partial filtration through the interstices between the plants, which reduces their speed. Simultaneously, a portion of the wind is deflected around the front surface of the curtain. These changes in wind speed and direction are attributable to the resistance offered by the plants of the forest curtain. The protected area, known as the "refuge effect", experiences a significant reduction in wind speed, creating an environment where crops are less exposed to wind impact. This protection zone extends between 6H and 12H, depending on the configuration and optical porosity of the curtain. It is notable that windbreaks with medium, optical porosity fulfill a crucial protective effect during intense gusts of wind.

The results clearly demonstrated that the forest curtains are effective in controlling the Zonda wind, reducing its impact in all the configurations analyzed. When the wind hits the forest curtain, part of it filters through the gaps, losing speed, while another part is deflected by the front surface of the curtain. These changes in wind speed and direction are a consequence of the resistance offered by the plants of the forest curtains.

The study also noted that very dense curtains may not be effective, as they can divert wind flow upwards and reduce the protected area behind them. These observations are consistent with previous studies that warn of the counterproductive effects of curtains that are too dense in certain contexts.

References


- Antico, P. L., Chou, S. C., & Mourão, C. (2015). Zonda downslope winds in the central Andes of South America in a 20-year climate simulation with the Eta model. *Theoretical and Applied Climatology*, 128(1-2), 291–299. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1709-2>
- Caretta, A., Ortega, A., & Ortíz Maldonado, A. (2004). Probabilidades de daño por viento Zonda en la floración de frutales, vid y olivos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 36(2), 49-58. <http://bdigital.uncu.edu.ar/82>
- Dong, Z., Qian, G., Luo, W., & Wang, H. (2006). Threshold velocity for wind erosion: The effects of porous fences. *Environmental Geology*, 51(3), 471–475. <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0343-9>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2011). *Evaluación de la desertificación en Argentina: Resultados del Proyecto LADA/FAO*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. https://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/documents/LADA_docs/Libro_LADA_COMPLETO.pdf
- Gardiner, B., Berry, P., & Moulia, B. (2016). Review: Wind impacts on plant growth, mechanics and damage. *Plant Science*, 245, 94–118. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.01.006>
- Golberg, A. D. (2010). El viento y la vida de las plantas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 42(1), 221-243. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/3558/t42-1-r01-golberg.pdf
- Gonzales, H. B., Ravi, S., Li, J., & Sankey, J. B. (2018). Ecohydrological implications of aeolian sediment trapping by sparse vegetation in drylands. *Ecohydrology*, 11(7), e1986. <https://doi.org/10.1002/eco.1986>
- Gonzales, H. B., Tatarko, J., & Casada, M. E. (2019). Computational fluid dynamics simulation of airflow through standing vegetation. *Transactions of the ASABE*, 62(6), 1713-1722. <https://doi.org/10.13031/trans.13449>
- Heisler, G. M., & DeWalle, D. R. (1988). Effects of windbreak structure on wind flow. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 22-23, 41-69. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90007-2](https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90007-2)
- Hong, S. W., Lee, I. B., & Seo, I. H. (2015). Modelling and predicting wind velocity patterns for windbreak fence design. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 142, 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2015.03.003>
- Hong, C., Weiwei, H., Chenchen, L., Xueyong, Z., Liqiang, K., Tianle, C., & Kaidi, Z. (2019). Transition model for airflow fields from single plants to multiple plants. *Agricultural and Forest Meteorology*, 266–267, 29–42. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.11.039>
- Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV). (2023). *Informe anual de cosecha y elaboración 2023* (Base de datos congelada al 14/09/23). *Anuario de cosecha y elaboración*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/10/anuario_cosecha_y_elaboracion_2023.pdf
- Judd, M. J., Raupach, M. R., & Finnigan, J. J. (1996). A wind tunnel study of turbulent flow around single and multiple windbreaks, part I: Velocity fields. *Boundary-Layer Meteorology*, 80(1-2), 127–165. <https://doi.org/10.1007/bf00119015>
- Kučera, J., Podhrázská, J., Karásek, P., & Papaj, V. (2020). The effect of windbreak parameters on the wind erosion risk assessment in agricultural landscape. *21(2020)*, 150–156. <https://doi.org/10.12911/22998993/116323>
- Lacoste, P. (2019). *La vid y el vino en el Cono Sur de América: Argentina y Chile (1545–2019). Aspectos políticos, económicos, sociales, culturales y enológicos*. Mendoza: Editorial y Talleres Gráficos Cooperativa de Trabajo Ltda.
- Lagaglia, F. (2023, September 22). El dato que muestra que en 2023 ya corrió más viento Zonda que en los últimos cuatro años. *MDZ Online*. <https://www.mdzol.com/temas/zonda-1835.html>
- Liu, C., Zheng, Z., Cheng, H., & Zou, X. (2018). Airflow around single and multiple plants. *Agricultural and Forest Meteorology*, 252, 27-38. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.01.009>
- Lyu, J., Wang, C. M., & Mason, M. S. (2020). Review of models for predicting wind characteristics behind windbreaks. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 199, 104117. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104117>

- Miri, A., Dragovich, D., & Dong, Z. (2017). Vegetation morphologic and aerodynamic characteristics reduce aeolian erosion. *Scientific Reports*, 7(1), 12831. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13084-x>
- Norte, F. A. (1988). *Características del viento zonda en la región de Cuyo* [Doctoral Thesis, Universidad de Buenos Aires] Repositorio de la Universidad de Buenos Aires. https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n2131_Norte
- Norte, F. A. (2015). Understanding and forecasting Zonda wind (Andean foehn) in Argentina: A review. *Atmospheric and Climate Sciences*, 5, 163-193. <http://dx.doi.org/10.4236/acs.2015.53012>
- Oberschelp, G. P. J., Harrand, L., Mastrandrea, C., Salto, C., & Palenzona, M. (2020). *Cortinas forestales: Rompevientos y amortiguadoras de deriva de agroquímicos*. INTA ediciones.
- Otero, F. (2018). *El viento Zonda en Cuyo, características, métodos de clasificación y pronóstico* [Doctoral thesis, Universidad de Buenos Aires] Repositorio de CONICET. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/84126>
- Patankar, S. V., & Spalding, D. B. (1972). *Numerical prediction of some three-dimensional fluid flows*. Heat Transfer Section Report Number HTS/72/4, Imperial College.
- Peri, P. L. (2003). *Cortinas forestales cortaviento*. EEA Santa Cruz, INTA. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/11531>
- Phillips, D. A., & Soligo, M. J. (2019). Will CFD ever replace wind tunnels for building wind simulations? *International journal of high-rise buildings*, 8(2), 107-116.
- Ramilo, D. I. (2022). Cortinas forestales. In S. E. Sharry, R. A. Stevani, & S. P. Galarco (Eds.), *Sistemas agroforestales en Argentina* (pp. 87-132). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/131898>
- Rosenfeld, M., Marom, G., & Bitan, A. (2010). Numerical simulation of the airflow across trees in a windbreak. *Boundary-Layer Meteorology*, 135(1), 89-107. <https://doi.org/10.1007/s10546-009-9461-8>
- Stredová, H., Podhrazská, J., Litschmann, T., Středa, T., & Rožnovský, J. (2012). Aerodynamic parameters of windbreak based on its optical porosity. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 42(3), 213-226. <https://doi.org/10.2478/v10126-012-0008-5>
- Tubs (2011, October 18). Mendoza in Argentina [Map]. *Wikimedia Commons*. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mendoza_in_Argentina.svg
- Wang, H., & Takle, E. S. (1997). Model-Simulated Influences of Shelterbelt Shape on Wind-Sheltering Efficiency. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 36, 695-704. <https://doi.org/10.1175/1520-0450-36.6.695>
- Wang, J., Patruno, L., Zhao, G., & Tamura, Y. (2024). Windbreak effectiveness of shelterbelts with different characteristic parameters and arrangements by means of CFD simulation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 344, 109813. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109813>
- Yukhnovskiy, V., Polishchuk, O., Lobchenko, G., Khryk, V., & Levandovska, S. (2020). Aerodynamic properties of windbreaks of various designs formed by thinning in central Ukraine. *Agroforestry Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00503-8>

Evaluación de la vulnerabilidad del suelo por erosión hídrica en la provincia de Manabí (Ecuador) mediante la aplicación de un modelo geoespacial

Assessment of soil vulnerability to water erosion in the province of Manabí (Ecuador) through the application of a geospatial model

AUTORÍA

Isabel Andrade-Carreño 

Universidad San Gregorio de Portoviejo,
Avenida Metropolitana y Olímpica, Portoviejo
EC130101, Manabí, Ecuador.

Daniel Delgado 

Departamento de Construcciones Civiles,
Arquitectura y Geología, Facultad de Ingeniería
y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de
Manabí, Avenida José María Urbina, Portoviejo
EC130105, Manabí, Ecuador.

Centre de Formation et de Recherche sur les
Environnements Méditerranéens, Université de
Perpignan, Via Domitia, UMR 5110, 52 Avenue
Paul Alduy, 66860, Perpignan CEDEX, France.

Mirian Guillén Vivas 

Universidad San Gregorio de Portoviejo,
Avenida Metropolitana y Olímpica, Portoviejo
EC130101, Manabí, Ecuador.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.27414>

CITACIÓN

Andrade-Carreño, I., Delgado, D., & Guillén Vivas, M. (2025). Evaluación de la vulnerabilidad del suelo por erosión hídrica en la provincia de Manabí (Ecuador) mediante la aplicación de un modelo geoespacial. *Investigaciones Geográficas*, (83), 109-128. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27414>

CORRESPONDENCIA


Daniel Delgado (daniel.delgado@utm.edu.ec)

HISTORIA

Recibido: 9 abril 2024
Aceptado: 18 noviembre 2024
Publicado: 23 enero 2025

TÉRMINOS

© 2025 Isabel Andrade-Carreño, Daniel Delgado, Mirian Guillén Vivas

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

Resumen

La pérdida del suelo por erosión hídrica es uno de los problemas ambientales más preocupantes en la actualidad. Para estimar las tasas erosivas se requiere de información de alta resolución. No obstante, en Manabí, la limitada disponibilidad de datos locales de precipitaciones y la falta de registros detallados de uso del suelo presentan importantes restricciones para una evaluación precisa de los procesos erosivos. El objetivo principal de la investigación es estimar tasas de erosión mediante el modelo RUSLE y su relación con la cobertura de superficie y la densidad poblacional en Manabí, para evaluar su vulnerabilidad. En la metodología se delimitó la zona de estudio y se obtuvieron los factores que conforman RUSLE desde bases de datos oficiales. La delimitación del área de estudio se realizó mediante la cartografía nacional y los factores que conforman RUSLE desde bases de datos oficiales: las precipitaciones se obtuvieron desde GPCC; NDVI desde MODIS; topografía desde SRTM; propiedades del suelo desde SoilGRIDS; el Factor P fue considerado como unidad debido a la carencia de información estadística. Se registraron tasas de erosión entre 0,06 y 190,49 t/ha, con distribuciones irregulares dentro de la provincia. El 68% de los cantones manabitas registraron un riesgo Medio-alto y Muy-alto, destacando la importancia de generar medidas de mitigación frente a la erosión del suelo. Los resultados de este estudio proporcionan una base sólida para que las autoridades gubernamentales implementen medidas efectivas de control de la erosión del suelo en Manabí. La metodología aplicada es adaptable a otras regiones con condiciones geográficas y climáticas similares, lo que permite su replicación en diferentes contextos. Esto resulta especialmente relevante en el marco del cambio climático, donde la flexibilidad para adaptar soluciones locales a distintos escenarios globales es crucial para una gestión sostenible del suelo y la mitigación de la erosión.

Palabras clave: erosión hídrica; RUSLE; vulnerabilidad; modelo geoespacial; Manabí; cambio climático.

Abstract

Soil loss due to water erosion is one of the most concerning environmental issues today. Estimating erosion rates requires high-resolution data. However, in Manabí, the limited availability of local precipitation data and the lack of detailed land use records pose significant constraints for an accurate assessment of erosion processes. The primary objective of

this research is to estimate erosion rates using the RUSLE model and to examine their relationship with land cover and population density in Manabí in order to assess its vulnerability. The methodology consisted in delineating the study area and obtaining the factors that comprise the RUSLE model from official databases. The delineation of the study area was carried out using national cartography and the factors that make up the RUSLE model from official databases: precipitation data were sourced from GPCC; NDVI from MODIS; topography from SRTM; soil properties from SoilGRIDS; and the P factor was treated as a unit due to the lack of statistical data. Erosion rates ranging from 0.06 to 190.49 t/ha were recorded, with irregular distributions across the province. Sixty-eight percent of Manabí's cantons recorded medium-high and very high risk, which highlights the importance of implementing mitigation measures to address soil erosion. The results of this study provide a solid foundation for government authorities to implement effective soil erosion control measures in Manabí. The methodology applied in this study is adaptable to other regions with similar geographical and climatic conditions, allowing for its replication in different contexts. This is particularly relevant in the context of climate change, where flexibility in adapting local solutions to various global scenarios is crucial for sustainable soil management and erosion mitigation.

Keywords: rainfall erosion; RUSLE; vulnerability; geospatial model; Manabí; climate change.

1. Introducción

La erosión del suelo es un fenómeno natural provocado por la confluencia de factores naturales y actividades humanas (Krishna Bahadur, 2009). El calentamiento global ha provocado que las lluvias extremas y las condiciones de clima severo sean cada vez más frecuentes (Zhang et al., 2024). Estos episodios de precipitaciones intensas ocasionan el agotamiento y deterioro de los nutrientes del suelo, así como la merma de la productividad del terreno (Karlen & Rice, 2015). Factores como el aumento demográfico, la rápida urbanización y cambios en el uso del suelo, impulsados por las actividades humanas, también han acelerado la degradación del suelo, resultando en una disminución de su calidad a nivel mundial (Kaiser et al., 2018). La erosión del suelo representa una seria amenaza para la seguridad social y económica en varios países del mundo (Delgado et al., 2022). Este fenómeno puede incrementar la carga sedimentaria en los ríos, lo que, bajo condiciones extremas como lluvias intensas o prolongadas, puede derivar en problemas ecológicos (Pacheco et al., 2019). Aunque la sedimentación es un proceso natural y beneficioso para los ecosistemas fluviales, el exceso de sedimentos producto de la erosión acelerada del suelo puede alterar el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, afectando la calidad del agua, la biodiversidad y aumentando el riesgo de inundaciones (Casanova-Ruiz et al., 2024), poniendo en peligro el desarrollo de la sociedad humana (Zhang et al., 2024). En los últimos años, la preocupación por estimar las tasas de erosión en Ecuador ha crecido significativamente, debido a la necesidad de desarrollar estrategias efectivas de mitigación que consideren los espacios con mayor crecimiento demográfico (Ochoa-Cueva et al., 2015; Pacheco et al., 2019; Delgado et al., 2022; Arias-Muñoz et al., 2023; Delgado et al., 2023; Casanova-Ruiz et al., 2024). Sin embargo, estos análisis se han enfocado principalmente en cuencas hidrográficas individuales o en factores aislados que influyen en la erosión, lo cual ha limitado el alcance de las intervenciones. El clima ecuatoriano, influenciado tanto por la línea equinoccial como por la Cordillera de los Andes, genera patrones climáticos distintos en sus tres regiones naturales: Costa, Sierra y Oriente (Pourrut, 1994; Casanova-Ruiz et al., 2024). En particular, la región Costa presenta dos estaciones climáticas bien diferenciadas: una estación seca, que se extiende de junio a noviembre, y una estación húmeda, de diciembre a mayo (Delgado et al., 2022), lo que añade complejidad a la evaluación de los procesos erosivos en esta zona.

Para determinar la vulnerabilidad del suelo tomando en cuenta la erosión hídrica, es necesario estimar las tasas de erosión (Farhan & Nawaiseh, 2015). A nivel mundial, se han registrado más de 400 modelos distintos para calcular la erosión del suelo (Borrelli et al., 2021), pero sus componentes no permiten que todas las opciones sean aplicables en las diversas regiones del planeta. Especialmente en Ecuador, el número de metodologías que se pueden aplicar se reducen drásticamente considerando las condiciones ambientales muy irregulares que afectan al comportamiento ambiental. Otra de las limitantes es la base de datos de precipitaciones del Ecuador, que está a cargo del Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología (INAMHI). Varias investigaciones (Erazo et al., 2018; Delgado et al., 2022) han afirmado que la distribución espacial no homogénea de estaciones de aforo del INAMHI, genera una estimación no representativa de las precipitaciones en el territorio ecuatoriano.

Entre los modelos disponibles, RUSLE ha sido una de las ecuaciones más utilizada a nivel de Sudamérica (Borrelli et al., 2021) y la más empleada en Ecuador (Arias-Muñoz, 2024; Casanova-Ruiz et al., 2024). Este modelo requiere de la determinación de cinco factores: Factor R, desencadenante de la erosión hídrica y conocido también como erosividad de la lluvia; Factor K, erodabilidad del suelo; Factor LS, que resulta de

la combinación de los parámetros de longitud y la gradiente de la pendiente; Factor C, uso y cobertura del suelo y; Factor P, prácticas de apoyo agrícola. RUSLE permite resolver los problemas de la falta de bases adecuadas de datos de precipitaciones locales al ser compatibles con metodologías innovadoras que consideren la utilización de información obtenida de sensores remotos como Global Precipitation Measurement (GPM) o de recopilación híbrida como Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) que emplea información tanto de pluviómetros propios como de instituciones públicas y privadas después de un riguroso proceso de validación y es presentada en formato ráster, para hacer frente a la escasa cobertura de medidores del Ecuador, mostrando excelentes resultados para el territorio ecuatoriano (Delgado et al., 2022).

Por este motivo, el objetivo principal de la presente investigación es evaluar la vulnerabilidad del suelo a la erosión hídrica mediante la aplicación del modelo geoespacial RUSLE y su relación con la cobertura vegetal, considerando la expansión demográfica en la provincia de Manabí. Una de las innovaciones destacadas del presente trabajo es la capacidad de evaluar la vulnerabilidad del suelo a un espacio físico que no se restringe a la escala espacial de una cuenca hidrográfica y considera todo el territorio de la provincia de Manabí, junto con la identificación de los sectores más vulnerables, tomando en cuenta las elevadas tasas de erosión y la concentración de un mayor número de habitantes por km².

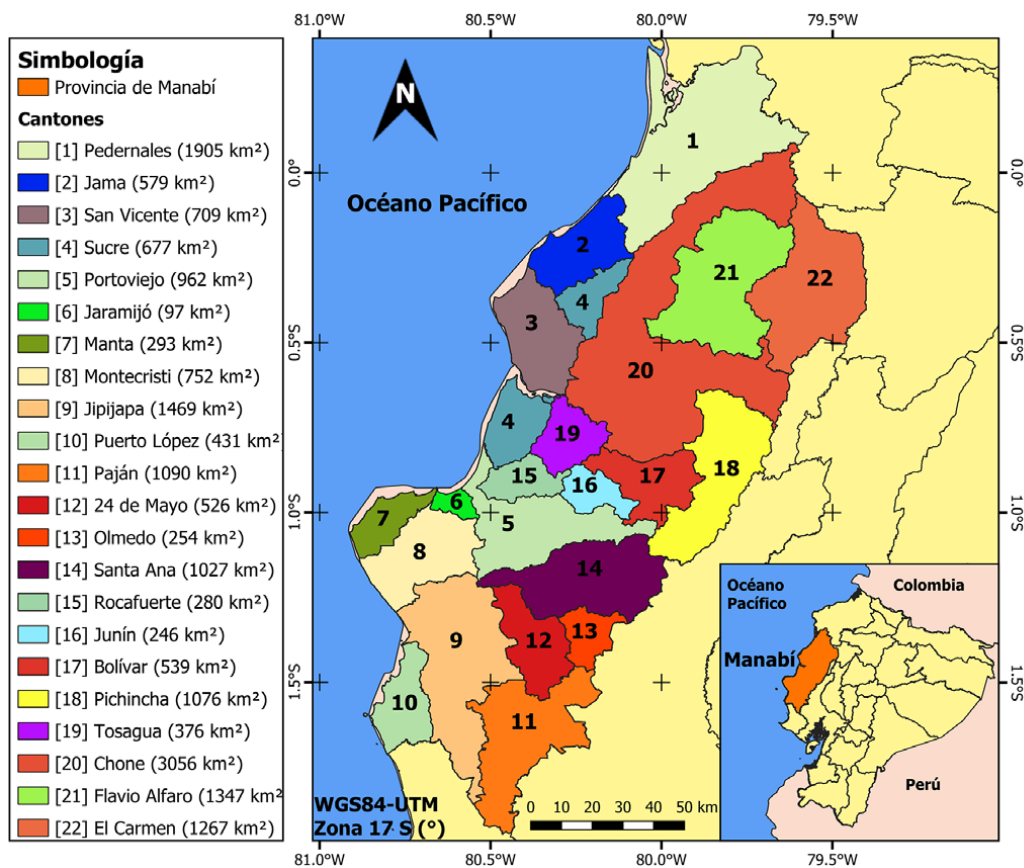
2. Metodología

2.1. Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la provincia de Manabí, una de las 24 provincias que conforma el territorio ecuatoriano. Se encuentra ubicada en la parte occidental de Ecuador, en la región costera, y todo su territorio pertenece a la cuenca del Pacífico (Delgado et al., 2022).

Para delimitar la zona de estudio, se empleó la cartografía nacional elaborada por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM-EC), la cual está disponible en acceso abierto con formato shapefiles. El archivo base de la provincia fue modificado y reproyectado al sistema de coordenadas WGS84 zona 17 Sur mediante la utilización de los Softwares QGIS (versión 3,34) y R (versión 3,6,0, con su complemento RStudio, Figura 1).

Figura 1. Área de estudio (provincia de Manabí-Ecuador). ID y área de cada cantón se incluyen en la simbología



La provincia de Manabí está clasificada en 22 cantones (Figura 1; el cantón Sucre, ID 4, está catalogado en dos cuerpos independientes), abarcando una extensión de 18.958 km² entre las coordenadas (WGS84 zona 17 S) 609.028 O – 10.039.658 S y 560.199 O – 9.787.108 S (Casanova-Ruiz et al., 2024).

El cantón Chone (ID 20 en Figura 1) es el territorio de mayor extensión de la provincia de Manabí, seguido de Pedernales y Jipijapa (ID 1 y 9 en Figura 1, respectivamente), mientras que los cantones más pequeños son Jaramijó y Junín (ID 6 y 16 en Figura 1, respectivamente).

2.2. Conformación de conjuntos de datos

2.2.1. Datos de precipitación

Para la obtención de precipitaciones entre 2001 y 2020 en la provincia de Manabí, se empleó la base de datos Global Precipitation Climatology Centre (GPCC). GPCC proporciona un conjunto de datos de precipitaciones (a escala de píxel) de alta calidad mediante la utilización de medidores que abarcan toda la superficie del planeta para el seguimiento y la investigación del clima de la Tierra. Esta base de datos fue creada en 1989 como contribución alemana al Programa Mundial de Investigaciones del Clima (WCRP, siglas en inglés) y al Sistema Mundial de Observaciones del Clima (GCOS, siglas en inglés).

La información de precipitaciones está disponible gratuitamente en Deutscher Wetterdienst, Servicio Meteorológico Nacional de Alemania (DWD) a través de su página web oficial. Al proporcionar ráster a escala de píxel, es posible seleccionar diferentes resoluciones espaciales, que van desde los 0,25° hasta los 2,5°, con una cobertura temporal que se extiende desde 1981 hasta la actualidad.

Esta base de datos ha sido empleada previamente en la provincia de Manabí (Delgado et al., 2022) y en países cercanos como Colombia (Estupiñán et al., 2016). Para la presente investigación, se empleó la versión “Full Data Monthly V 2020” de GPCC en formato NetCDF. Se descargaron ráster a 0,25° de resolución espacial entre el 2001 y 2020. Estos datos fueron apilados en orden cronológico para generar un solo producto para los 20 años de estudio. Posteriormente, la información fue escalada a la resolución espacial de la investigación (100 m) y reproyectada al sistema de coordenadas local (WGS84 zona 17 Sur), mediante R y QGIS. A partir de esto, la precipitación media anual se calculó a escala de píxel para posteriormente ser empleada en la obtención del Factor R (Erosividad de la lluvia).

2.2.2. Propiedades del suelo

El modelo RUSLE requiere de la caracterización del suelo considerando 4 propiedades principales: 3 propiedades físicas (contenido de arena, arcilla, limo) y 1 propiedad química (carbono orgánico, SOC). La base de datos SoilGRIDS de ESRI contiene información obtenida por más de 230.000 observaciones de perfiles de suelo en todo el mundo, considerando factores climáticos, uso y cobertura terrestre, relieve y pendiente, entre otros.

Se obtuvieron las propiedades de la capa superficial del suelo del suelo desde la base de datos SoilGRIDS a una resolución espacial de 250 m para posteriormente procesarla mediante QGIS y R, adaptándola al sistema de coordenadas WGS84 zona 17 Sur y a una escala espacial de 100 m.

2.2.3. Modelo digital de elevación (MDE)

Existen varias bases de datos satelitales que proporcionan MDE para la provincia de Manabí, entre los que destacan HydroSHEDS V2, la Misión de topografía de radar del transbordador (SRTM, siglas en inglés) y ALOSPALSAR. Sin embargo, no todas las opciones caracterizan correctamente la topografía irregular de la zona de estudio, lo que es esencial para generar estimaciones adecuadas de la pérdida del suelo en el territorio manabita.

Delgado et al. (2024), demuestra que la base de datos SRTM es la que mejor caracteriza al territorio ecuatoriano, incluyendo a la provincia de Manabí. Por este motivo, se descargó el MDE de SRTM a una escala espacial de 90 m, que posteriormente fue reproyectado al sistema de coordenadas local (WGS84 zona 17 Sur) y escalado a 100 m.

2.2.4. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

El NDVI es uno de los parámetros más empleados para determinar el Factor C a escala mundial, incluyendo a Ecuador (Ruiz Vélez & Pacheco Gil, 2020; Casanova-Ruiz et al., 2024). NDVI caracteriza la vitalidad de la

vegetación, permitiendo identificar la capacidad de protección que genera el uso y cobertura del suelo ante una eventual erosión hídrica.

Se descargaron los datos en formato TIFF desde la base de datos MODIS versión “Vegetation Indices 16-Day, Terra 061” utilizando el software R y la herramienta automática MODISStp, que facilita el procesamiento automático de series temporales (Buseto & Ranghetti, 2017). Para esta investigación, se seleccionó una resolución espacial de 250 m y se estableció un período de descarga extendido desde el 1 de enero de 2001 hasta el 31 de diciembre de 2020. Cada mes del período de estudio cuenta con dos imágenes satelitales de NDVI, excepto octubre en los años no bisiestos y noviembre en los años bisiestos, donde se dispone de una sola imagen. Esto generó un total de 23 imágenes anuales y 460 imágenes para todo el período de 20 años. Para homogenizar la información, se promediaron las dos imágenes correspondientes a cada mes, mientras que las imágenes únicas de octubre y noviembre se mantuvieron sin modificaciones debido a la falta del archivo ráster adicional. Este proceso resultó en la obtención de 12 capas de NDVI por año, una para cada mes. Posteriormente, se calculó un promedio mensual para generar una serie de 20 capas de NDVI representativas del promedio anual de cada año entre 2001 y 2020. Finalmente, a partir de estas 20 capas anuales, se realizó un promedio para generar un único ráster de NDVI, representando el valor medio del índice de vegetación para el periodo completo. Este ráster promedio fue el que se utilizó como insumo para el cálculo del Factor C en la modelación de la erosión.

La información descargada fue reproyectada al sistema de coordenadas WGS84 zona 17 Sur y a un tamaño de píxel de 100 m. Posteriormente, y considerando las indicaciones de los autores (Didan et al., 2015), se procedió a emplear un factor de conversión de 0,00001 al NDVI obtenido, para poder llevarlo al rango normal de magnitudes que oscila entre -1 y 1, siendo 1 una representación de máxima vitalidad de la vegetación, mientras que -1 refleja lo contrario.

2.2.4. Cobertura del suelo en función del tipo de vegetación

Para la presente investigación, se utilizó la información obtenida del producto MODIS MCD12Q1 para determinar la cobertura del suelo, específicamente bajo el esquema IGBP, clasificada mediante la aplicación del algoritmo de árbol de decisiones C4.5, el cual procesó un año completo de datos MODIS Nadir BRDF-Adjusted Reflectance (NBAR, Schaaf et al., 2002), con una frecuencia de 8 días. La información fue descargada directamente en el sistema de coordenadas locales EPSG:32717 WGS84-UTM zona 17S, en formato “tif”, utilizando el lenguaje R y aplicando la herramienta automática “MODISStp” (Buseto & Ranghetti, 2017). La resolución espacial inicial fue de 500 m, la cual se escaló posteriormente a 100 m (resolución utilizada en la presente investigación). El rango temporal de descarga abarcó desde 2001 hasta 2020, con una capa disponible por cada año, lo que generó un total de 20 capas. Sin embargo, se utilizó la capa del 2010 para generar el mapa de cobertura del suelo.

La base de datos MODIS distribuye a la superficie terrestre en 17 distintos tipos de cobertura, tomando en cuenta su composición y características (Cover & Change, 1999; Sulla-Menashe & Friedl, 2018): 1) Bosques siempre verdes de hoja aguja: dominados por árboles de coníferas siempre verdes (dosel >2 m). Cobertura arbórea >60%; 2) Bosques siempreverdes latifoliados de hoja ancha: Dominados por árboles siempreverdes latifoliados y palmados (dosel >2m). Cobertura arbórea >60%; 3) Bosques caducifolios de hoja aguja: Dominados por árboles caducifolios de hoja aguja (alerce) (dosel >2 m). Cobertura arbórea >60%; 4) Bosques caducifolios latifoliados de hoja ancha: Dominados por árboles caducifolios latifoliados (dosel >2m). Cobertura arbórea >60%; 5) Bosques Mixtos: Dominados por tipos de árboles que no son caducifolios ni perennes (40-60% de cada uno) (dosel >2m). Cobertura arbórea >60%; 6) Arbustos matorrales cerrados: Dominados por plantas leñosas perennes (1-2 m de altura) >60% de cobertura; 7) Matorrales abiertos: Dominados por plantas leñosas perennes (1-2 m de altura), 10-60 % de cobertura; 8) Sabanas leñosas: Cobertura arbórea 30-60% (dosel >2m); 9) Sabanas: Cobertura arbórea 10-30% (dosel >2m); 10) Pastizales: Dominados por herbáceas anuales (<2m); 11) Humedales Permanentes: Tierras permanentemente inundadas con 30-60% de cobertura de agua y >10% de cobertura de vegetación; 12) Tierras de cultivo: al menos el 60% del área es tierra cultivada; 13) Terrenos Urbanos y edificados: Al menos 30% de superficie impermeable incluyendo materiales de construcción, asfalto y vehículos; 14) Mosaicos de tierras de cultivo/vegetación natural: Mosaicos de cultivos a pequeña escala 40-60% con vegetación natural arbórea, arbustiva o herbácea; 15) Hielo y Nieve Permanentes: Al menos el 60% del área está cubierta por nieve y hielo durante al menos 10 meses al año; 16) Árido: Al menos el 60% del área son áreas áridas sin vegetación (arena, roca, suelo) con menos del 10% de vegetación; 17) Cuerpos de Agua: Al menos el 60% del área está cubierta por cuerpos de agua permanentes.

En la provincia de Manabí se identificaron únicamente 15 tipos de coberturas (Figura 6), debido a que las clases “1) Bosques siempre verdes de hoja aguja” y “15) Hielo y Nieve Permanentes” no forman parte de la composición del suelo, producto de las condicionantes ambientales del medio físico analizado.

2.3. Modelo RUSLE

El modelo RUSLE es una metodología matemática empleada ampliamente a nivel mundial para estimar las tasas de erosión (Jahun et al., 2015; Ganasri & Ramesh, 2016; Sahu et al., 2017; Sujatha & Sridhar, 2018; Gianinetto et al., 2019; Kebede et al., 2021; Patriche, 2023). En Ecuador, es el modelo más utilizado gracias a su facilidad de adaptación con los factores condicionantes del medio (Casanova-Ruiz et al., 2024). Esta adaptabilidad es especialmente relevante, ya que las metodologías convencionales no siempre son compatibles con las características del país. Por ejemplo, el cálculo del Factor LS presenta desafíos significativos debido a las variaciones topográficas impuestas por la Cordillera de Los Andes (Delgado et al., 2024). Estas condiciones exigen enfoques metodológicos específicos que optimicen la evaluación de la erosión, lo que subraya la versatilidad del modelo RUSLE en contextos complejos (Casanova-Ruiz et al., 2024). A continuación, se presenta la ecuación clásica propuesta por Renard (1997) (Ecuación 1):

$$A = R * K * LS * C * P \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

A: tasas de erosión en t/ha año;

R: erosividad de la lluvia en MJ mm/ha h año;

K: erodabilidad del suelo en t/MJ mm;

LS: combinación de factores de longitud y pendiente (adimensional);

C: uso y cobertura del suelo (adimensional) y;

P: prácticas de apoyo agrícola (adimensional).

En los siguientes apartados de la sección 2.3 se considerarán las metodologías empleadas el cálculo de cada factor de RUSLE, a excepción del Factor P. Este factor será considerado como 1 (unidad), debido a la carencia de estadísticas sobre prácticas de apoyo agrícola en Manabí (Pacheco et al., 2019; Delgado et al., 2022; Casanova-Ruiz et al., 2024).

2.3.1. Cálculo del Factor R (erosividad de la lluvia)

La estimación del Factor R se la realizó mediante la metodología de Delgado et al. (2022) que fue elaborada exclusivamente para determinar la erosividad de la lluvia en Ecuador, tomando en cuenta la ubicación espacial de la zona de estudio (vertiente Pacífico o Amazónica). Esta metodología ha sido validada en investigaciones previas mostrando excelentes resultados (Casanova-Ruiz et al., 2024). La ecuación que considera el territorio que aporta a la cuenca del Pacífico (localización de la provincia de Manabí) se detalla a continuación (Ecuación 2):

$$R = 187,94x^2 + 0,36x + 156,73 \quad [\text{Ec. 2}]$$

Donde:

R: erosividad de la lluvia en MJ mm/ha h año;

x: precipitación media anual entre 2001 y 2020 (mm/año).

2.3.2. Cálculo del Factor K (erodabilidad del suelo)

Para el cálculo del Factor K se empleó la metodología de Williams (1995) y Neitsh et al. (2000) (Ecuación 3):

$$K_{USLE} = f_{sand} * f_{cl-si} * f_{orgc} * f_{hisand} \quad [\text{Ec. 3}]$$

Donde:

K_{USLE} : erodabilidad del suelo modelo USLE;

f_{sand} : factor de contenido de arena;

f_{cl-si} : factor de contenido de arcilla y limo;

f_{orgc} : factor de contenido de carbono orgánico;

f_{hisand} : factor de altos contenidos de arena.

Para poder adaptar la ecuación original del Factor K al modelo RUSLE, fue necesario aplicar un factor de conversión de 0,1317 (Ecuación 4) (Al Rammahi & Khassaf, 2018).

$$K_{RUSLE} = K * 0,1317 \quad [\text{Ec. 4}]$$

Donde K_{RUSLE} corresponde a la erodabilidad del suelo en t/MJ mm compatible con el modelo RUSLE y K corresponde a la erodabilidad del suelo del modelo USLE.

Las ecuaciones para estimar los factores en base a las propiedades físicas y químicas del suelo se detallan a continuación (Williams, 1995; Neitsh et al., 2000) (Ecuaciones 5, 6, 7, 8):

$$f_{csand} = \left\{ 0,2 + 0,3 \times \exp \left[-0,256 \times m_s \times \left(1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right] \right\} \quad [\text{Ec. 5}]$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0,3} \quad [\text{Ec. 6}]$$

$$f_{orgc} = \left\{ 1 - \frac{0,25 \times orgC}{orgC + \exp(3,75 - 2,95 \times orgC)} \right\} \quad [\text{Ec. 7}]$$

$$f_{hisand} = \left\{ 1 - \frac{0,7 \times \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100} \right) + \exp \left[-5,51 + 22,9 \times \left(1 - \frac{m_s}{100} \right) \right]} \right\} \quad [\text{Ec. 8}]$$

Donde:

- m_s : porcentaje de arena;
- m_{silt} : porcentaje de limo;
- m_c : porcentaje de arcilla y;
- orgC: porcentaje de SOC.

Para obtener estos porcentajes fue necesario clasificar cada píxel en función del contenido de arena, arcilla, limo y SOC. Delgado et al. (2023) indica que para realizar este procedimiento empleando información ráster satelital, es necesario convertir las unidades a g/kg (únicamente SOC se obtiene en hg/kg, por lo que fue necesario dividirlo para 10, SOC/10). Cabe destacar que, tomando en cuenta las características de la base de datos SoilGRIDS, se registraron varios píxeles aislados que carecían de información, los cuales fueron completados utilizando el comando "Fill nodata" de QGIS. Este método de interpolación se basa en la correlación espacial de los valores adyacentes, permitiendo inferir estimaciones coherentes para los píxeles sin datos, con valores asignados que varían según las características de los píxeles vecinos. Este enfoque evita sesgos y asegura la continuidad y precisión en la modelización de las propiedades del suelo, tal como se detalla en Delgado et al. (2023), donde se advierte que la imputación arbitraria podría comprometer los resultados finales del estudio.

2.3.3. Cálculo del Factor LS (longitud y pendiente)

De acuerdo a Delgado et al. (2024), ciertas metodologías convencionales no permiten representar correctamente la topografía del Ecuador (incluyendo al territorio manabita), generando una sobreestimación de los resultados adimensionales del Factor LS. Para hacer frente a este inconveniente, los autores proponen emplear la metodología automatizada del Sistema de Análisis Geocientíficos Automatizados (SAGA en sus siglas en inglés), mediante la ecuación de Desmet y Govers (1996) al archivo MDE obtenido de la base de datos SRTM. Este procedimiento fue empleado para la estimación del Factor LS en la presente investigación.

2.3.4. Cálculo del Factor C (uso y cobertura del suelo)

Para determinar el Factor C se consideró la metodología propuesta por Durigon et al. (2014) que emplea el NDVI y ha sido elaborada para territorios con condiciones ambientales similares a las registradas en Ecuador (Ecuación 9):

$$C = \frac{-NDVI + 1}{2}$$

[Ec. 9]

Donde:

C: Factor C de uso y cobertura del suelo (adimensional);

NDVI: Índice de Vegetación Diferenciada Normalizada (adimensional).

2.4. Clasificación del territorio manabita en función a la vulnerabilidad del suelo por erosión hídrica

Posterior a la obtención de las tasas de erosión obtenidas mediante el modelo RUSLE, se procedió a realizar un mapa de riesgo erosivo del suelo considerando las localidades de la provincia de Manabí. Para esto, se propone tomar en consideración la siguiente clasificación en función a la pérdida del suelo (Tabla 1).

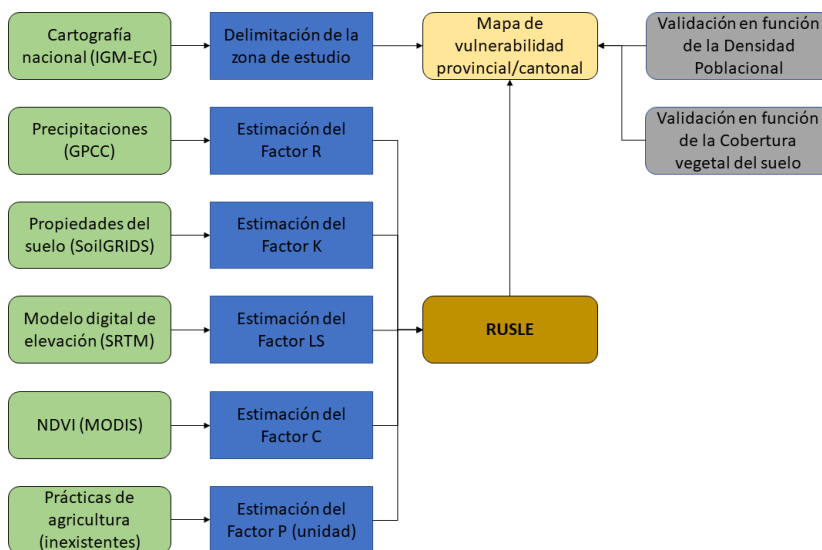
Tabla 1. Clasificación propuesta de riesgo erosivo en función de los rangos de pérdida del suelo

Rango de pérdida del suelo (t/ha)	Riesgo erosivo
0-2	Muy bajo
2-5	Bajo
5-10	Medio-bajo
10-15	Medio-alto
15-20	Alto
> 20	Muy alto

Elaboración propia

Para evaluar la exposición al riesgo de erosión en función de la densidad poblacional, se utilizó la base de datos ráster del “Socioeconomic Data and Applications Center” (SEDAC, <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/gpw-v4-population-density-rev11>), la cual proporciona información global sobre densidad poblacional a nivel de píxel para los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020, con una resolución espacial de 1°. Esta base de datos ha sido empleada en numerosas investigaciones mostrando excelentes resultados (Ji et al., 2018; Shen et al., 2020; Dubey et al., 2021). Se descargaron los datos correspondientes al año 2020 con el objetivo de contar con una estimación actualizada de la densidad poblacional (en hab/km²), lo que permite identificar con mayor precisión la exposición de las comunidades locales al riesgo de erosión hídrica del suelo en el presente. Los datos descargados fueron procesados mediante R y QGIS para ajustarse a las condiciones particulares de la zona de estudio, obteniendo un mapa de densidad poblacional para todo el territorio manabita. El resumen metodológico se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Esquema del resumen metodológico empleado en la investigación



Elaboración propia

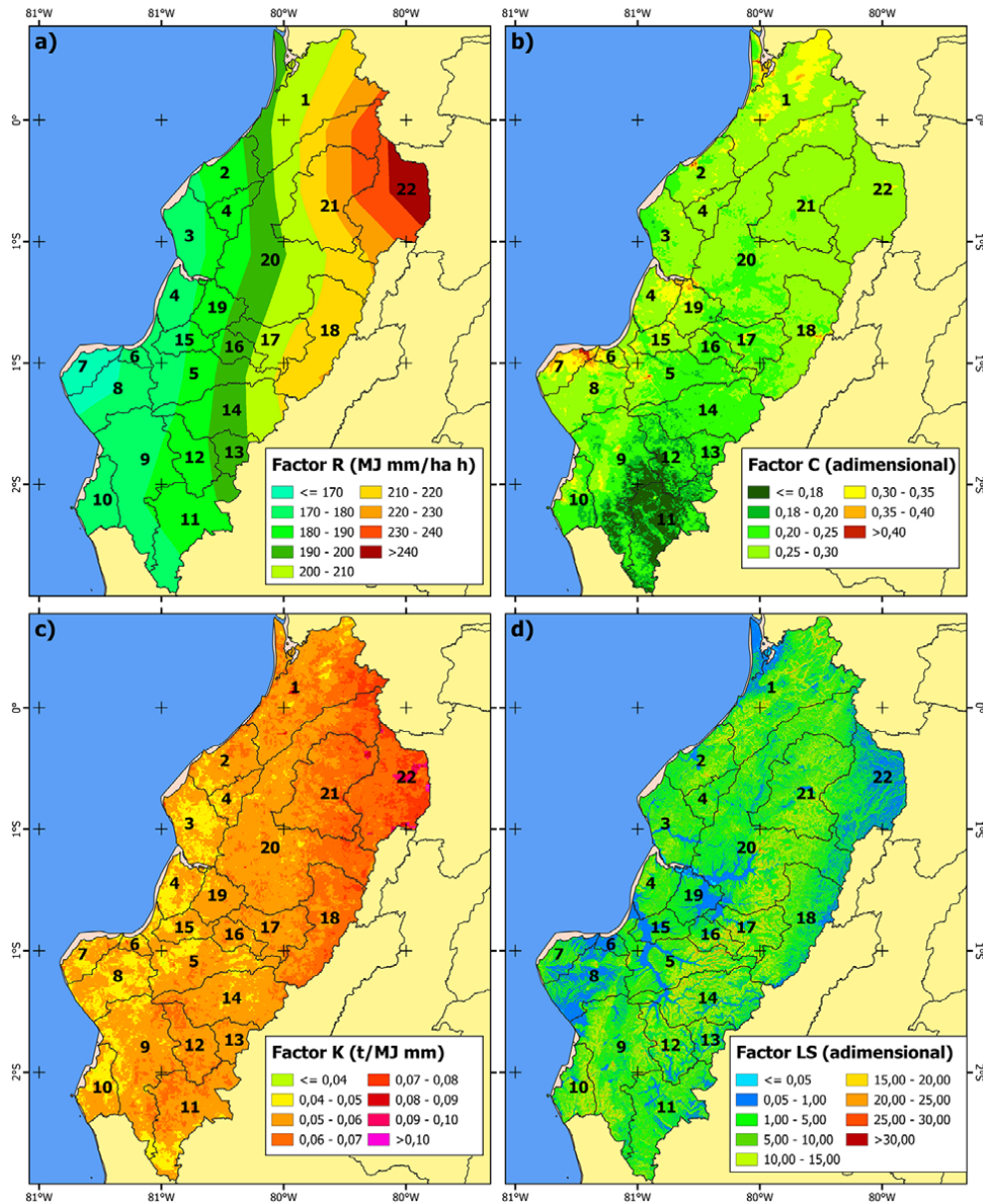
3. Resultados

3.1. Parámetros RUSLE

La estimación de los parámetros RUSLE permite representar cada una de las cinco variables específicas que influyen en el proceso de erosión hídrica. Los factores R y K se miden en unidades específicas, mientras que los demás (LS, C y P) son adimensionales. Analizarlos por separado, permite identificar la influencia de cada uno ante una eventual erosión hídrica del suelo.

Mediante el análisis de la Figura 3, se puede observar que la distribución espacial de los factores RUSLE en la provincia de Manabí es variada, pese a que corresponde a una pequeña área del Ecuador. La Figura 3a permite identificar la incidencia de las precipitaciones representada en la erosividad de la lluvia. A nivel de píxel se puede observar que la mayor erosividad de la lluvia se registra en el noreste de Manabí, en el cantón El Carmen (ID 22 en Figura 3a) con 248,65 MJ mm/ha h y la erosividad más baja se localizó en el Cantón Manta (ID 22 en Figura 3a) con 167,57 MJ mm/ha h. Esto indica que la erosividad de la lluvia se va debilitando mientras se va acercando al Océano Pacífico. A nivel cantonal, Chone registra el valor más alto de erosividad de lluvia, con 237,96 MJ mm/ha h, mientras que Manta registra la erosividad promedio más baja (al igual que a nivel de píxel), con 168,36 MJ mm/ha h (Tabla 2).

Figura 3. Distribución espacial de los factores RUSLE en la provincia de Manabí



Elaboración propia

La Figura 3b muestra la distribución espacial del Factor C, que corresponde al uso y cobertura del suelo. Los valores más bajos (más próximos a 0) reflejan mejores condiciones de protección frente a una eventual erosión hídrica, mientras que los valores más altos, representan sectores con mayor vulnerabilidad ante este evento natural. A nivel de píxel, el valor más bajo es de 0,13 y está ubicado al norte del Cantón Paján (ID 11 en Figura 3b), muy cercano al cantón 24 de Mayo (ID 12 en Figura 3b), mientras que el valor más alto fue de 0,43 y se localizó al norte del Cantón Manta (ID 7 en Figura 3b). El valor promedio a nivel de píxel fue de 0,28, lo que representa una protección aceptable ante un proceso de erosión hídrica del suelo, considerando sus condiciones de uso y cobertura. A nivel cantonal, Paján registra el mejor Factor C, con 0,18, mientras que el cantón con un Factor C más alto es Chone con 0,35 (Tabla 2).

Analizando la Figura 3c, que representa al Factor K (erodabilidad del suelo), se puede observar que su rango de variación es muy bajo (entre 0,04 y 0,103 t/Mj mm). Estos resultados muestran una composición bastante regular de las propiedades físicas y químicas del suelo, teniendo a la arena como compuesto principal (39,81%), seguido del limo (28,33%), arcilla (27,89%) y SOC (3,97%). Los valores por píxel más bajos se registraron en el Cantón Puerto López (ID 10 en Figura 3c), mientras que los valores más altos se localizaron en el Cantón El Carmen (ID 22 en Figura 3c). A nivel cantonal, el Factor K tuvo una oscilación menor (entre 0,05 y 0,07 t/Mj mm), registrando los valores más elevados en los cantones Chone y El Carmen (Tabla 2). Los valores más bajos del Factor K fueron resultado de un menor contenido de limo y mayor contenido de arcilla. Estos resultados confirman la información presentada por Delgado et al. (2023) a escala nacional (Ecuador).

La Figura 3d, que muestra el Factor LS (factor de longitud y pendiente) mostró también una distribución espacial muy variada. Esto se debe a que, pese a que la provincia de Manabí no está ubicada en la región Sierra del país (donde hay elevaciones superiores a los 5.000 m, Delgado et al., 2024), las elevaciones oscilaron entre 0 m y más de 800 m (debido a la existencia de pequeños sectores montañosos de la Costa, Delgado et al., 2022). A nivel de píxel, el valor más bajo fue de 0,03 y se ubicó en varios sectores del Cantón Pedernales (ID 1 en Figura 3d), mientras que el valor más alto fue de 31,92 y se registró en varios sectores de los cantones Pedernales, San Vicente y Chone (ID 1, 3 y 20 en Figura 3c, respectivamente). Su valor medio (a nivel de píxel) fue de 4,78. A nivel cantonal, el Factor LS tuvo una variación entre 0,21 (Jaramijó) y 7,61 (Puerto López) (Tabla 2).

Con respecto al Factor P y como se abordó en la sección 2.3, las prácticas de apoyo agrícola fueron consideradas como 1 para toda la provincia de Manabí, debido a la carencia de técnicas de conservación en la zona de estudio, y cuyo problema se extiende a nivel nacional (Delgado et al., 2022).

3.2. Distribución espacial de la erosión hídrica en Manabí

Mediante el análisis de la Figura 4, la distribución espacial de la erosión hídrica del suelo en la provincia de Manabí, Ecuador, muestra un panorama variado gracias a los diversos factores que componen el modelo RUSLE. Al ser una región costera, se experimenta una interacción entre la humedad atmosférica y los patrones de precipitación que contribuyen a la erosión (Pourrut, 1994).

Los resultados mostraron que las tasas de erosión en Manabí oscilaron 0,05 t/ha y 179,05 t/ha, con un valor promedio de 58,59 t/ha en un total de 1.481.640 píxeles que componen la provincia de Manabí. El píxel más alto se localizó al este del cantón Flavio Alfaro (ID 21 en Figura 4) mientras que el píxel más bajo se localizó al sur del cantón Jipijapa (ID 9 en Figura 4).

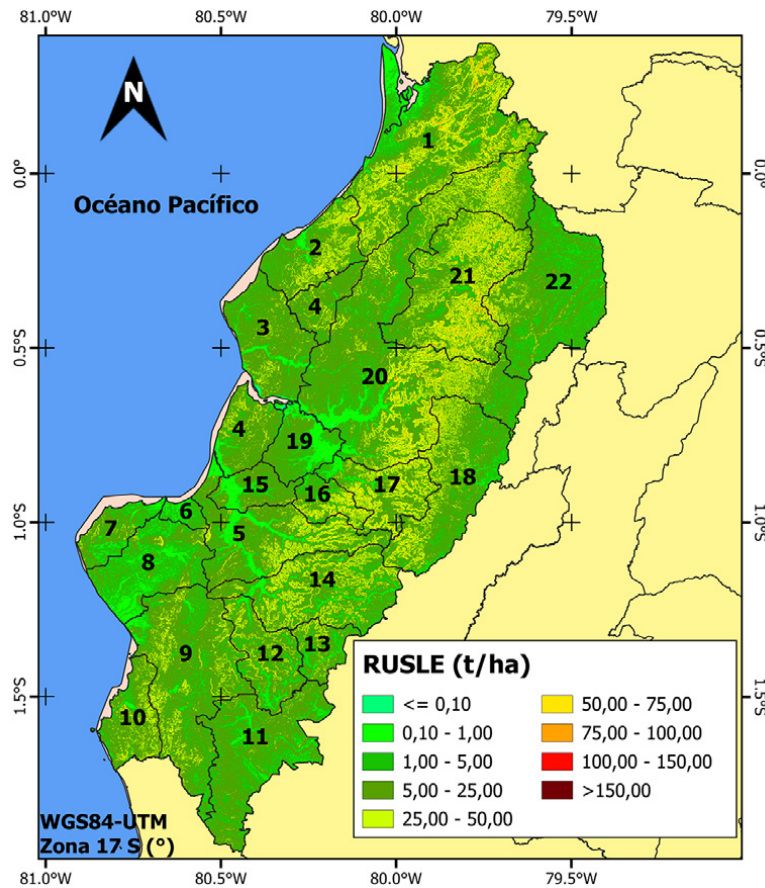
A nivel de cantón, las pérdidas de suelo más elevadas se registraron en Flavio Alfaro, con 23,63 t/ha, mientras que las más bajas se registraron en Jaramijó con tan solo 3,23 t/ha.

En general, las zonas con topografías más accidentadas, como las estribaciones de las pequeñas regiones montañosas de Manabí, reflejaron una mayor susceptibilidad a la erosión del suelo. La distribución de la vegetación junto al uso del suelo, desempeñaron un papel importante, donde las actividades humanas pueden estar asociadas al aumento de las magnitudes erosivas.

La distribución espacial de la erosión hídrica en Manabí refleja una interacción interesante de los factores climáticos y topográficos, destacando la importancia de contar con estrategias de gestión que permitan mitigar los efectos adversos que genera este fenómeno natural en la provincia de Manabí.

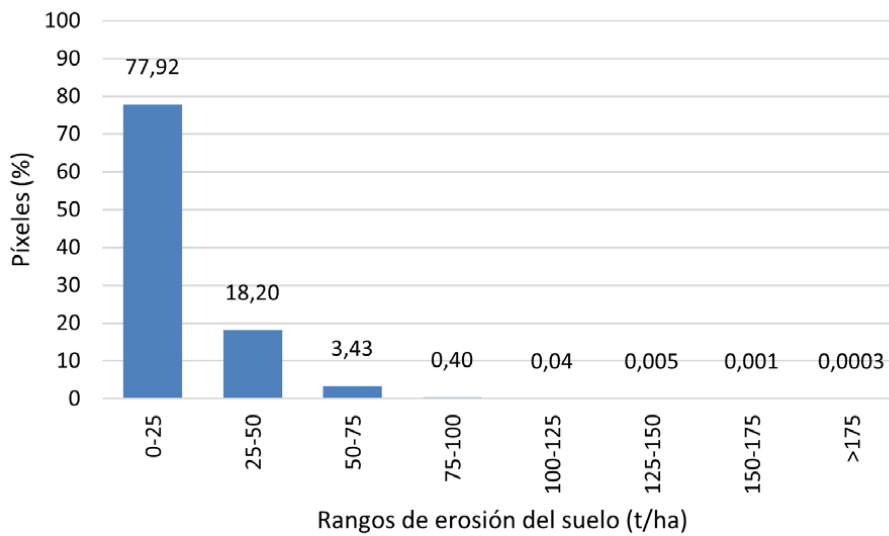
La Figura 5 muestra la distribución de las tasas de erosión considerando un rango de valores en t/ha. Se puede observar que la mayor cantidad de píxeles (79,27%) registraron tasas de erosión relativamente bajas (>25 t/ha), mientras que el segundo rango que mostró mayor frecuencia fue de 25-50 t/ha, con 16,85%. Las 6 clases restantes representan únicamente el 3,88%, pero corresponden a clases de erosión más perjudiciales.

Figura 4. Distribución espacial de la erosión del suelo mediante el modelo RUSLE en la provincia de Manabí



Elaboración propia

Figura 5. Frecuencia de píxeles por rango de tasas de erosión en la provincia de Manabí

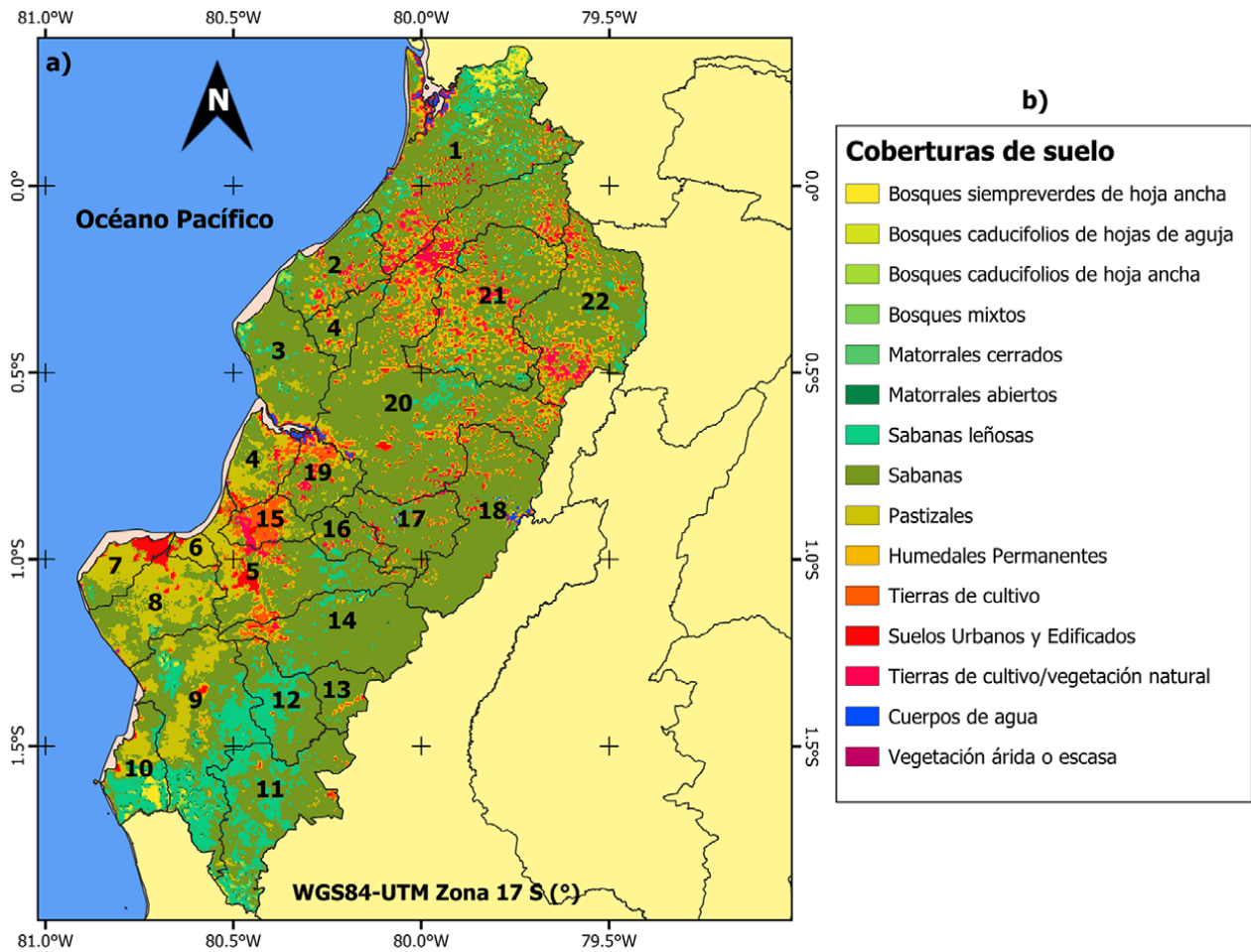


Elaboración propia

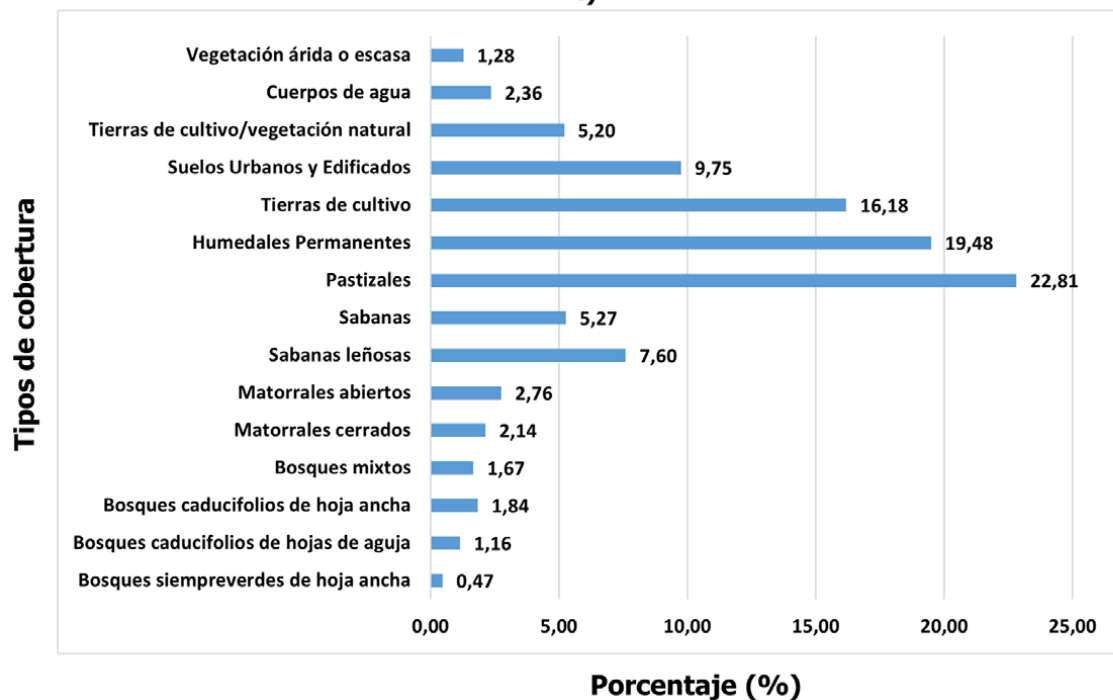
3.3. Cobertura del suelo en la provincia de Manabí

Los resultados obtenidos del análisis satelital mostraron que la cobertura del suelo en la provincia de Manabí está dominada por pastizales (22,81%) y humedales permanentes (19,48%), como se observa en la Figura 6. La topografía diversa y las condiciones climáticas regionales favorecen el desarrollo de estos tipos de cobertura. El tipo de cobertura con menor representación fue “bosques siempre verdes de hoja ancha” con el 0,47%.

Figura 6. Distribución de la cobertura del suelo según MODIS (a, b) y su clasificación porcentual en cantones de la provincia de Manabí (c)



c)



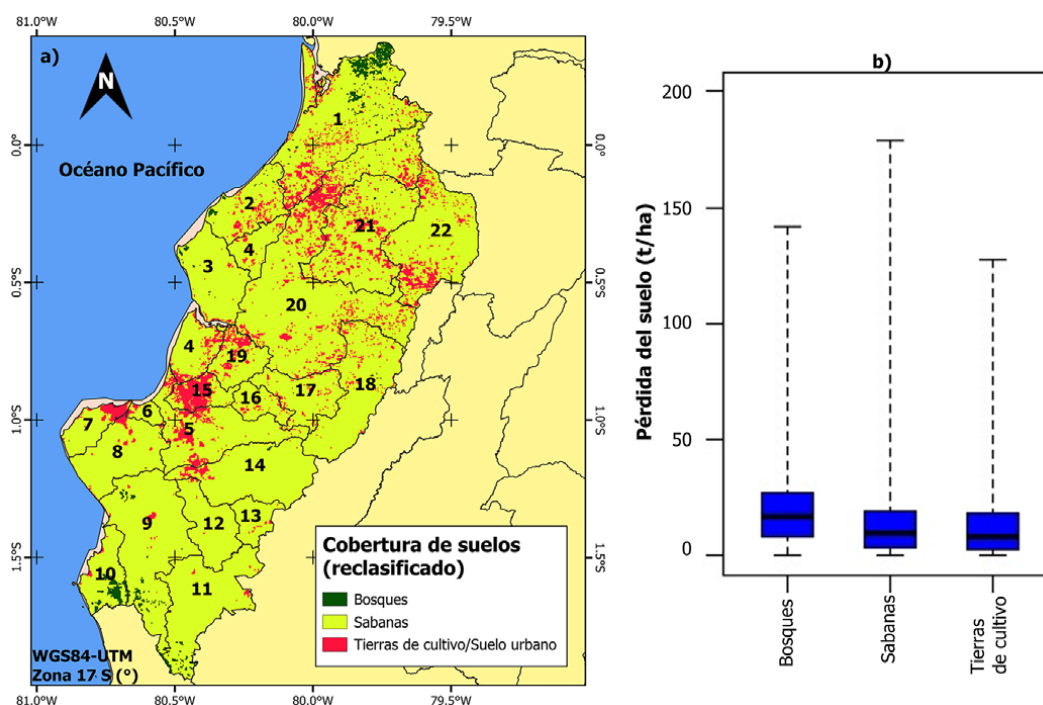
Elaboración propia

Para poder comprender la influencia que tienen los tipos de cobertura en las tasas de erosión, Casanova et al. (2024) recomienda reclasificar los tipos de cobertura de MODIS en 3 grandes grupos:

- 1) **Bosques:** comprenden los tipos Bosques siempreverdes de hoja ancha, Bosques caducifolios de hojas de aguja, Bosques caducifolios de hoja ancha, Bosques mixtos.
- 2) **Sabanas:** está conformado por Matorrales cerrados, Matorrales abiertos, Sabanas leñosas, Sabanas, Pastizales, Humedales Permanentes, Vegetación árida o escasa.
- 3) **Tierras de cultivo:** compuesto por Tierras de cultivo, Suelos Urbanos y Edificados, Mosaico de tierras de cultivo/vegetación natural.

Tras la reclasificación de los tipos de cobertura (Figura 7a), se determinó que las sabanas representaron el 89,11% del área, seguidas de tierras de cultivo (9,31%) y bosques (1,58%). Los bosques (Figura 7b), pese a ser considerados de alta protección contra la erosión, registraron una mediana de pérdida de suelo cercana a 20 t/ha, debido a las precipitaciones elevadas y la naturaleza limo-arenosa del suelo en esas áreas. Por otro lado, las sabanas, que cubren la mayor parte de la provincia, mostraron una mayor variabilidad en los valores de pérdida de suelo, con varios datos atípicos.

Figura 7. Cobertura del suelo reclasificada en los cantones de la provincia de Manabí (a) y diagrama de bigotes que representa las magnitudes de la pérdida del suelo en cada tipo de cobertura (b)



Elaboración propia

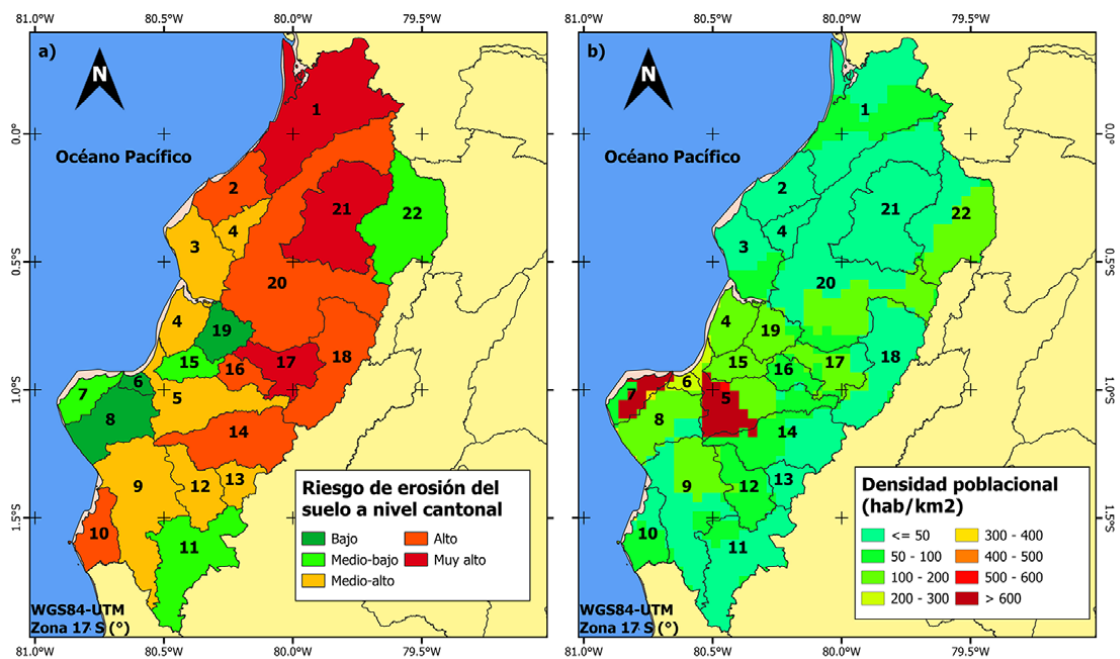
3.4. Riesgo erosivo a nivel cantonal y en función de la densidad poblacional

El análisis del riesgo de erosión del suelo a nivel cantonal en la provincia de Manabí se basa en una combinación de factores biofísicos y demográficos, que juegan un papel clave en la interpretación de los niveles de vulnerabilidad. La Figura 8a muestra cómo el 50% de la provincia presenta un riesgo de erosión entre medio-alto y alto, lo que plantea un escenario preocupante desde el punto de vista ambiental y de gestión del territorio. En particular, los cantones de Bolívar y Flavio Alfaro sobresalen con un riesgo muy alto de erosión, ocupando el 9,09% del total de la provincia. A pesar de esto, la densidad poblacional (Figura 8b) revela una dinámica diferente en cuanto a la exposición de la población a los efectos negativos de la erosión.

Al analizar la relación entre el riesgo erosivo y la densidad poblacional, se observa que, en territorios con baja densidad de población, como es el caso de Flavio Alfaro (con menos de 25 hab/km²), la amenaza de la erosión del suelo para las personas y las infraestructuras es significativamente menor, a pesar de su alto riesgo de erosión según el modelo RUSLE. Esto sugiere que, en cantones con características similares, las políticas de mitigación podrían centrarse más en la preservación de los recursos naturales y en la protección de los suelos, en lugar de implementar medidas costosas de protección para la población. En contraste, en cantones con mayor densidad poblacional, como Portoviejo, la capital provincial, que tiene una densidad

de 326 hab/km², la combinación de una exposición medio-alta al riesgo erosivo y una alta concentración de habitantes en áreas urbanas plantea un riesgo significativamente mayor en términos de daños potenciales a las personas, infraestructuras y actividades económicas.

Figura 8. Mapas de riesgo de erosión de suelo a nivel cantonal (a) y densidad poblacional (b) de la provincia de Manabí



Elaboración propia

Tabla 2. Valores promedio de las tasas de erosión, factores RUSLE e identificación de riesgo erosivo en los cantones de la provincia de Manabí

ID	Factor R (MJ mm/ha h)	Factor C	Factor K (t/MJ mm)	Factor LS	RUSLE (t/ha)	Densidad Poblacional (hab/km ²)
1	208,73	0,29	0,06	5,06	18,47	36
2	185,41	0,27	0,05	5,74	16,29	47
3	178,51	0,26	0,05	4,38	10,25	36
4	180,36	0,28	0,05	4,67	12,00	101
5	184,52	0,25	0,05	5,72	13,66	326
6	171,83	0,30	0,05	1,21	3,23	282
7	168,36	0,32	0,05	2,81	7,50	887
8	171,06	0,27	0,05	2,02	4,66	141
9	177,33	0,22	0,05	5,85	11,90	63
10	174,38	0,23	0,05	7,61	15,24	54
11	183,64	0,18	0,06	4,07	7,50	40
12	185,94	0,20	0,06	5,75	12,10	70
13	195,19	0,21	0,06	4,93	11,23	46
14	196,06	0,22	0,06	6,44	15,58	78
15	179,40	0,28	0,05	2,98	7,95	148
16	194,65	0,25	0,05	7,02	18,19	91
17	205,78	0,25	0,06	7,34	21,29	90
18	214,31	0,26	0,06	4,28	14,38	39
19	186,39	0,28	0,05	1,65	4,70	125
20	237,93	0,27	0,07	4,73	15,63	49
21	218,40	0,28	0,06	6,15	23,63	23
22	236,11	0,28	0,07	1,78	7,98	81

Elaboración propia

4. Discusión

4.1. La cobertura del suelo y su influencia en las tasas de erosión

Los resultados de este estudio ponen de manifiesto que la cobertura del suelo en la provincia de Manabí, aunque relevante, no es el principal determinante en las tasas de erosión hídrica. Este hallazgo es coherente con investigaciones previas que señalan que, en regiones tropicales y subtropicales, los factores topográficos y climáticos tienden a tener un mayor peso en la determinación de la vulnerabilidad del suelo frente a la erosión (Lal, 2001; Lal, 2005; Poesen et al., 2003). En particular, el factor R, que mide la erosividad de la lluvia, y el factor LS, que refleja la interacción entre la longitud y la pendiente del terreno, se destacan como los controladores predominantes del proceso erosivo en Manabí.

En cuanto a los bosques, si bien son tradicionalmente considerados como una barrera efectiva contra la erosión debido a su capacidad para interceptar lluvia, reducir la velocidad de escorrentía y mejorar la infiltración de agua en el suelo (Delgado et al., 2021), en este estudio se observa que las mayores tasas de pérdida de suelo se registran en áreas boscosas. Esto, a primera vista, parece contradictorio, pero puede explicarse por la combinación de dos factores clave: la textura del suelo y la intensidad de las lluvias. Los suelos en las zonas boscosas de Manabí presentan una mayor proporción de limo, lo que los hace más susceptibles a la erosión bajo condiciones de precipitación intensa, incluso cuando están cubiertos por vegetación densa. Estudios anteriores (García-Ruiz et al., 2013) han mostrado que, en zonas con alta precipitación, los suelos con alto contenido de limo tienden a perder estabilidad estructural rápidamente durante eventos de lluvia, independientemente del tipo de cobertura.

Por otro lado, las sabanas, que dominan el paisaje de la provincia con un 89,11% de cobertura según los datos satelitales MODIS, muestran una alta variabilidad en las tasas de erosión. Esta variabilidad se debe, en gran medida, a la heterogeneidad en las características topográficas y climáticas de la región, así como a la influencia de las actividades humanas, particularmente la ganadería extensiva y la deforestación para la expansión de áreas de pastizales (Delgado et al., 2023). Estos factores modifican significativamente la capacidad del suelo para resistir los procesos erosivos, creando áreas con tasas de erosión tanto moderadas como extremas dentro de un mismo tipo de cobertura.

Un aspecto crucial a resaltar es la relación entre las tasas de erosión y el factor LS. En áreas donde las pendientes son más pronunciadas, las sabanas presentan tasas de erosión considerablemente más altas, especialmente cuando están expuestas a lluvias intensas y prolongadas, lo que amplifica el efecto de la escorrentía superficial (Delgado et al., 2024). Los estudios realizados en cuencas tropicales han demostrado que las pendientes inclinadas y la longitud de las mismas son factores que incrementan exponencialmente la capacidad erosiva del agua (Moore & Burch, 1986; Desmet & Govers, 1996), lo que explica la presencia de valores atípicos (outliers) observados en los diagramas de bigotes de la cobertura de suelos en esta investigación.

Además, la reclasificación de los tipos de cobertura en tres grandes grupos (bosques, sabanas y tierras de cultivo) ha permitido comprender de manera más integral el comportamiento de los diferentes paisajes frente a la erosión. Aunque los bosques son tradicionalmente asociados con una alta protección contra la erosión, los resultados de este estudio muestran que las condiciones particulares del suelo y las precipitaciones en Manabí pueden superar esta capacidad de protección. Este hallazgo resalta la importancia de no depender únicamente de la cobertura vegetal para el control de la erosión, sino de considerar también las características físicas del suelo y los patrones climáticos específicos de la región.

En contraste, las tierras de cultivo, que representan el 9,31% del área de estudio, presentan tasas de erosión relativamente menores, pero esto puede estar relacionado con prácticas de manejo más intensivas que incluyen la implementación de técnicas de conservación del suelo, como el uso de coberturas vegetales temporales o rotación de cultivos, lo que puede mitigar la erosión en ciertas zonas. No obstante, estas prácticas no están generalizadas ni registradas en toda la región, lo que sugiere la necesidad de fomentar su adopción en áreas agrícolas más amplias para reducir la vulnerabilidad del suelo.

Estos resultados tienen importantes implicaciones para el manejo del suelo y la planificación territorial en la provincia de Manabí. Dado que los factores topográficos y climáticos juegan un papel más determinante que la cobertura del suelo en las tasas de erosión, las políticas de manejo deben centrarse en una gestión integrada del paisaje, que incluya la conservación de las zonas de mayor pendiente, la regulación de la deforestación en áreas vulnerables, y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles. Además, es esencial considerar que la erosión hídrica en Manabí no es solo un fenómeno natural, sino que está fuertemente influenciada por la acción humana, lo que requiere de un enfoque de gestión adaptativa que integre tanto la restauración de ecosistemas como el control de la actividad humana en áreas críticas.

4.2. Implicaciones para la Gestión del Territorio

La clasificación de los riesgos erosivos a nivel cantonal y su interacción con la densidad poblacional ofrece una visión más precisa sobre dónde concentrar los esfuerzos de mitigación y adaptación. En zonas con alta densidad poblacional y riesgo medio-alto, como Portoviejo, es imperativo desarrollar planes de ordenamiento territorial que combinen prácticas de conservación del suelo, la implementación de barreras físicas contra la erosión y políticas urbanas de protección ante eventos extremos. Además, en cantones como Bolívar y Flavio Alfaro, donde el riesgo erosivo es muy alto pero la densidad poblacional es baja, la gestión debe orientarse a la conservación del suelo y la restauración de áreas degradadas, priorizando la recuperación de servicios ecosistémicos.

La Tabla 2 también resalta otras áreas con condiciones similares. Por ejemplo, en Jipijapa, con una densidad de 148 hab/km² y una tasa de erosión de 7,95 t/ha, las medidas deben enfocarse en evitar la expansión urbana en áreas vulnerables y en promover prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan el impacto de la erosión en las laderas. De manera similar, Chone, con una densidad de 101 hab/km² y una tasa de erosión de 12,00 t/ha, requiere estrategias tanto para la mitigación de la erosión como para la protección de la infraestructura crítica y los medios de vida de sus habitantes.

4.3. Aspectos limitantes de la investigación

La presente investigación empleó una escala de píxel de 100 m con el fin de generar un modelo compatible con diversas escalas espaciales, especialmente aquellas más gruesas. Dado que el modelo RUSLE utiliza datos de entrada variados, tales como precipitaciones, propiedades del suelo, modelos de elevación y pendientes, e índices de vegetación, y que estos datos se obtienen de diferentes fuentes ráster satelitales, se hace necesario homologar estas diversas resoluciones espaciales a la escala de trabajo de 100 m mediante el uso de software R y QGIS.

Para mejorar la validez de los resultados, se consideró esencial utilizar fuentes de información con una resolución espacial más adecuada, cercana a los 100 m. En la sección 2.2.2, se utilizaron datos con una escala original de 250 m para determinar las propiedades del suelo; en la sección 2.2.3, se estimó el factor de longitud y pendiente con datos de una escala original de 90 m; y en la sección 2.2.4, se calcularon los índices de vegetación a partir de datos con una escala original de 250 m. Sin embargo, no todos los parámetros de entrada disponen de resoluciones espaciales más finas. Particularmente, la base de datos de precipitaciones tiene escalas espaciales mucho mayores que la escala de trabajo, lo que puede introducir incertidumbres al escalar estos datos a 100 m y podría generalizar los resultados, produciendo un efecto visual de píxeles más grandes (sección 2.2.1).

Para representar la cobertura del suelo basada en la vegetación utilizando datos MODIS, se seleccionó la imagen del año 2010 para el análisis, a pesar de que el estudio abarca el período 2001-2020 en su análisis de la erosión del suelo. Esta elección se justifica debido a que los mapas de cobertura están clasificados en 17 tipos distintos, cada uno de ellos identificado mediante un valor numérico específico. Si se realizara un promedio de las coberturas de suelo a lo largo de los 20 años, no se obtendría una caracterización precisa de los tipos de cobertura, ya que los valores resultantes serían números decimales, los cuales no corresponden a ningún tipo de cobertura en particular. En cambio, dichos valores decimales carecerían de significado en el contexto de la clasificación, comprometiendo así la integridad del análisis. Por esta razón, se optó por utilizar un solo año representativo, evitando así distorsiones en la clasificación de los tipos de cobertura del suelo.

En cuanto al acoplamiento entre los archivos ráster de los factores de RUSLE y los vectores de la zona de estudio (divisiones provinciales y cantonales), la irregularidad de los límites políticos, que no están en forma de píxel, genera un fenómeno de dentado en las líneas divisorias, lo que da una apariencia de secciones escalonadas en lugar de una transición suave. Este fenómeno puede generar problemas en el análisis espacial, especialmente debido a la falta de precisión en los límites de los polígonos. No obstante, la elección de una escala espacial de 100 m reduce notablemente el posible sesgo en la interpretación de resultados.

La estimación del Factor P, que corresponde a las medidas de apoyo agrícola, puede estimarse mediante un análisis in situ en todo el territorio manabita, para permitir establecer ciertos programas de mitigación, incluso los que son propios de procesos de cultivos ancestrales, y que mejoren considerablemente las estimaciones de la pérdida del suelo. Sin embargo, este tipo de análisis demanda de gran cantidad de tiempo y recursos económicos, por lo que, cuantificarlo con el valor de "1" ha sido ampliamente validado en investigaciones basadas en el modelo RUSLE (Pacheco et al., 2019; Delgado et al., 2022; Casanova-Ruiz et al., 2024).

El modelo RUSLE como tal, presenta limitaciones que “simplifican” la compleja realidad de un proceso erosivo mediante un conjunto de ecuaciones y parámetros, lo que provocaría que ciertas condiciones específicas de la superficie del suelo o de la cobertura vegetal no puedan ser representadas con precisión (Delgado et al., 2024). Además, existen otros factores internos que deben tomarse en cuenta y que afectan considerablemente a los efectos generados por la pérdida del suelo, como el factor antropogénico, que se analiza superficialmente en el Factor C y P (que incluso para Ecuador no está debidamente cuantificado al carecer de datos estadísticos de los procesos de cultivo). Sin embargo, es una herramienta muy útil que permite identificar las zonas más propensas a problemas erosivos, y cuyas limitaciones pueden reducirse mediante una correcta y cuidadosa interpretación de resultados.

Estas incertidumbres y limitaciones abordadas en la presente sección, no se perciben como particularmente significativas para la implementación de esta metodología a nivel provincial o nacional en Ecuador. A pesar de ello, se sugiera la introducción de mejoras en el futuro, como la adopción de conjuntos de datos con resoluciones espaciales originales más detalladas, que sean inferiores a los 100 m, con el fin de evitar posibles sesgos derivados de una distribución más generalizada, especialmente para el factor más dinámico espacio-temporalmente, R. Se recomienda que, por parte de las autoridades, se fomente la declaración de cultivos y los procesos empleados durante todo el ciclo de producción, mediante reducción de impuestos o entrega de fertilizantes gratuitos, para que se genere una cultura de registro estadístico y se pueda calcular, en un futuro próximo, el Factor P de manera y correcta y precisa. En cuanto a la cobertura del suelo, y tomando en consideración la gran cantidad de áreas de pastoreo en la provincia de Manabí, se debe regular estas zonas y evitar la propagación descontrolada de este tipo de cobertura, fomentando la reforestación mediante el Gobierno Provincial de Manabí.

5. Conclusiones

La investigación evaluó la erosión del suelo en la provincia de Manabí mediante el modelo RUSLE, marcando la primera aplicación integral de este modelo en todo el territorio manabita. Se identificaron patrones espaciales de erosividad de la lluvia influenciados por la distribución irregular de las precipitaciones, con una clara tendencia a la disminución de la erosividad hacia el Océano Pacífico. El uso de datos de GPCC, MODIS y SoilGRIDS representó una innovación metodológica significativa, permitiendo una estimación más precisa de los factores de erosión en una región con escasa cobertura de estaciones de aforo locales. El Factor C, derivado del NDVI de MODIS, mostró variaciones significativas, con las áreas del norte de la provincia presentando una cobertura vegetal menos favorable. En contraste, el sur, próximo a la provincia de Guayas, exhibió un mejor uso del suelo, evidenciando prácticas de manejo más sostenibles. Sin embargo, el análisis detallado reveló que el Factor C no es el principal determinante de las tasas de erosión en la región. El Factor K presentó una distribución homogénea debido a la composición uniforme del suelo en Manabí, destacándose la arena como el componente predominante. Por otro lado, el Factor LS tuvo un impacto superior en las tasas de erosión, especialmente en áreas con elevaciones mayores. Las tasas de erosión oscilan entre 0,05 t/ha y 179,05 t/ha, con el 59,09% del territorio manabita clasificado con un riesgo erosivo de medio a muy alto. Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de implementar medidas de mitigación adaptadas a las características específicas de cada zona. Flavio Alfaro, aunque con un alto riesgo erosivo, presenta una densidad poblacional baja, sugiriendo que el impacto social podría ser menor en comparación con otras áreas. Este estudio no solo proporciona una base científica sólida para la gestión del suelo en Manabí, sino que también resalta la importancia de un enfoque integrado que considere tanto factores naturales como socioeconómicos. La metodología utilizada puede aplicarse en otras regiones con características geográficas y climáticas similares, lo que la convierte en una herramienta versátil para la evaluación de la erosividad de la lluvia y el manejo de suelos en diversas áreas afectadas por la erosión. Las autoridades locales, tanto en Manabí como en otras zonas con problemáticas similares, pueden utilizar estos resultados para desarrollar estrategias de mitigación efectivas y sostenibles, adaptadas a las condiciones específicas de cada región, y para planificar el uso del suelo de manera más eficiente frente a los desafíos del cambio climático.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Centre de Formation & de Recherche sur les Environnements Méditerranéens (CEFREM-Francia) por proporcionar los instrumentos informáticos necesarios para el desarrollo de la presente investigación. Asimismo, agradecen a los revisores anónimos por sus valiosas sugerencias y comentarios, que contribuyeron significativamente a mejorar la calidad del manuscrito.

Referencias

- Al Rammahi, A.H.J., & Khassaf S.I. (2018). Estimation of soil erodibility factor in RUSLE equation for Euphrates River watershed using GIS. *GEOMATE Journal*, 14(46), 164–169. <https://doi.org/10.21660/2018.46.87788>
- Arias-Muñoz, D. P. (2024). *Efectos de las técnicas de conservación de suelo en la erosión hídrica bajo escenarios de cambio de uso suelo: Caso cuenca media alta del río Mira en los Andes de Ecuador* [Doctoral thesis, Universidad de Zaragoza]. ZAGUAN Repositorio Institucional de Documentos. <https://zaguan.unizar.es/record/135476>
- Arias-Muñoz, P., Saz, M. A., & Escolano, S. (2023). Estimación de la erosión del suelo mediante el modelo RUSLE. Caso de estudio: cuenca media alta del río Mira en los Andes de Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, (79), 207–230. <https://doi.org/10.14198/INGEO.22390>
- Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J.A.A., Baartman, J., Ballabio, C., Bezak, N., Biddoccu, M., Cerdà, A., Chalise, D., Chen, S., Chen, W., De Girolamo, A.M., Gessesse, G.D., Deumlich, D., Diodato, N., Efthimiou, N., Erpul, G., Fiener, P., ... & Panagos, P. (2021). Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis. *Science of the total environment*, 780, 146494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146494>
- Buseto, L., & Ranghetti, L. (2017). MODISsp: A Tool for Automatic Preprocessing of MODIS Time Series. *Comput. Geosci*, 97, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2016.08.020>
- Casanova-Ruiz, G., Delgado, D., & Panchana, R. (2024). Estimación de volúmenes de sedimentos por erosión hídrica empleando el modelo RUSLE en cuencas de la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista de Teledetección*, (63), 1–21. <https://doi.org/10.4995/raet.2024.20147>
- Cover, M.L., & Change, L.C. (1999). *MODIS land cover product algorithm theoretical basis document (ATBD) version 5.0*. MODIS documentation, 42–47
- Delgado, D., Sadaoui, M., Pacheco, H., Méndez, W., & Ludwig, W. (2021, May). Interrelations between soil erosion conditioning factors in basins of Ecuador: contributions to the spatial model construction. In *International Conference on Water Energy Food and Sustainability* (pp. 892–903). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75315-3_94
- Delgado, D., Sadaoui, M., Ludwig, W., & Mendez, W. (2023). Depth of the pedological profile as a conditioning factor of soil erodibility (RUSLE K-Factor) in Ecuadorian basins. *Environmental Earth Sciences*, 82(12), 286. <https://doi.org/10.1007/s12665-023-10944-w>
- Delgado, D., Sadaoui, M., Ludwig, W., & Méndez, W. (2022). Spatio-temporal assessment of rainfall erosivity in Ecuador based on RUSLE using satellite-based high frequency GPM-IMERG precipitation data. *CATENA*, 219, 106597. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106597>
- Delgado, D., Sadaoui, M., Ludwig, W., & Méndez, W. (2024). DEM spatial resolution sensitivity in the calculation of the RUSLE LS-Factor and its implications in the estimation of soil erosion rates in Ecuadorian basins. *Environmental Earth Sciences*, 83(1), 36. <https://doi.org/10.1007/s12665-023-11318-y>
- Desmet, P., & Govers, G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51, 427–433.
- Deutscher Wetterdienst, Servicio Meteorológico Nacional de Alemania (DWD). *Global Precipitation Climatology Centre (GPCC)*. <http://gpcc.dwd.de>
- dan, K., Munoz, A.B., Solano, R., & Huete, A. (2015). MODIS Vegetation Index User's Guide. *University of Arizona: Vegetation Index and Phenology Lab*, 35, 2–33.
- Dubey, A. K., Lal, P., Kumar, P., Kumar, A., & Dvornikov, A. Y. (2021). Present and future projections of heatwave hazard-risk over India: A regional earth system model assessment. *Environmental research*, 201, 111573. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111573>
- Durigon, V. L., Carvalho, D. F., Antunes, M. A. H., Oliveira, P. T. S., & Fernandes, M. M. (2014). NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed. *International Journal of Remote Sensing*, 35(2), 441–453. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.871081>

- Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA (ESRI). Soil property maps for the world produced using machine learning at 250 m resolution (SoilGrids). <https://soilgrids.org/>
- Erazo, B., Bourrel, L., Frappart, F., Chimborazo, O., Labat, D., Dominguez-Granda, L., Matamoros, D., & Mejia, R. (2018). Validation of satellite estimates (Tropical Rainfall Measuring Mission, TRMM) for rainfall variability over the Pacific slope and Coast of Ecuador. *Water*, 10(2), 213. <https://doi.org/10.3390/w10020213>
- Estupiñán, A., Carvajal, L. F., & Ochoa, A. (2016). Validación de las bases de datos de precipitación del Centro de Climatología de Precipitación Global (GPCC) y de la misión satelital TRMM para Colombia. In *XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*.
- Farhan, Y. & Nawaiseh, S. (2015). Spatial assessment of soil erosion risk using RUSLE and GIS techniques. *Environ Earth Sci.*, 74, 4649–4669. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4430-7>
- Ganasri, B.P., & Ramesh, H. (2016). Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*, 7(6), 953-961. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.10.007>
- García-Ruiz, J. M., Nadal-Romero, E., Lana-Renault, N., & Beguería, S. (2013). Erosion in Mediterranean landscapes: Changes and future challenges. *Geomorphology*, 198, 20-36. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.05.023>
- Gianinetto, M., Aiello, M., Polinelli, F., Frassy, F., Rulli, M. C., Ravazzani, G., Bocchiola, D., Chiarelli, D.D., Soncini, A. & Vezzoli, R. (2019). D-RUSLE: a dynamic model to estimate potential soil erosion with satellite time series in the Italian Alps. *European Journal of Remote Sensing*, 52(sup4), 34-53. <https://doi.org/10.1080/22797254.2019.1669491>
- Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM-EC). *Cartografía nacional del Ecuador*. <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descargas/cartografia-de-libre-acceso/>
- Jahun, B. G., Ibrahim, R., Dlamini, N. S., & Musa, S. M. (2015). Review of soil erosion assessment using RUSLE model and GIS. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(9), 36-47. <https://core.ac.uk/download/pdf/234660977.pdf>
- Ji, X., Yao, Y., & Long, X. (2018). What causes PM2.5 pollution? Cross-economy empirical analysis from socioeconomic perspective. *Energy Policy*, 119, 458-472. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.040>
- Jimenez, E., Murillo, A., & Delgado, D. (2024). Análisis comparativo de bases de datos de precipitaciones para la provincia de Manabí. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 6(1), 273-287. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v6i1.957>
- Karlen, D. L., & Rice, C. W. (2015). Soil degradation: Will humankind ever learn?. *Sustainability*, 7(9), 12490-12501. <https://doi.org/10.3390/su70912490>
- Kaiser, A., Erhardt, A., & Eltner, A. (2018). Addressing uncertainties in interpreting soil surface changes by multitemporal high-resolution topography data across scales. *Land degradation & development*, 29(8), 2264-2277. <https://doi.org/10.1002/ldr.2967>
- Kebede, Y. S., Endalamaw, N. T., Sinshaw, B. G., & Atinkut, H. B. (2021). Modeling soil erosion using RUSLE and GIS at watershed level in the upper beles, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 2, 100009. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2020.100009>
- Krishna Bahadur, K. C. (2009). Mapping soil erosion susceptibility using remote sensing and GIS: a case of the Upper Nam Wa Watershed, Nan Province, Thailand. *Environmental geology*, 57, 695-705. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1348-3>
- Lal, R. A. T. T. A. N. (2001). Soil degradation by erosion. *Land degradation & development*, 12(6), 519-539.
- Lal, R. (2005). Soil erosion and carbon dynamics. *Soil and Tillage Research*, 81(2), 137-142. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.09.002>
- Moore, I. D., & Burch, G. J. (1986). Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. *Soil Science Society of America Journal*, 50(5), 1294-1298. <https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000050042x>

- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R. (2000). Erosion Soil and Water Assessment Tool Theoretical. *Documentation Texas Agricultural Experiment Station*, 625.
- Ochoa-Cueva, P., Fries, A., Montesinos, P., Rodríguez-Díaz, J. A., & Boll, J. (2015). Spatial Estimation of Soil Erosion Risk by Land-cover Change in the Andes OF Southern Ecuador. *L. Degrad. Dev.* 26, 565–573. <https://doi.org/10.1002/ldr.2219>
- Pacheco, H.A., Méndez, W., & Moro, A. (2019). Soil erosion risk zoning in the Ecuadorian coastal region using geo-technological tools. *Earth Sciences Research Journal*, 23(4), 293–302. <https://doi.org/10.15446/esrj.v23n4.71706>
- Patriche, C. V. (2023). Applying RUSLE for soil erosion estimation in Romania under current and future climate scenarios. *Geoderma Regional*, 34, e00687. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00687>
- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., & Valentin, C. (2003). Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *CATENA*, 50(2-4), 91-133. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(02\)00143-1](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00143-1)
- Pourrut, P. (1994). *L'eau en Equateur: principaux acquis en hydroclimatologie*. ORSTOM éditions.
- Renard, K.G. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Agricultural Handbook 703)*. US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Ruiz Vélez, Á. C. & Pacheco Gil, H. A. (2020). Estimación del Factor C de la RUSLE en la microcuenca del río Lodana, Ecuador, usando imágenes del satélite Sentinel 2. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería*, 43(2), 69-75. <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/tecnica/article/view/33620>
- Sahu, A., Baghel, T., Sinha, M. K., Ahmad, I., & Verma, M. K. (2017). Soil erosion modeling using Rusle and GIS on Dudhawa catchment. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 12(6), 1147-1158.
- Schaaf, C. B., Gao, F., Strahler, A. H., Lucht, W., Li, X., Tsang, T., Strugnell, N. C., Zhang, X., Jin, Y., Muller, J.-P., Lewis, P., Barnsley, M., Hobson, P., Disney, M., Roberts, G., Dunderdale, M., Doll, C., d'Entremont, R., Hu, B., Liang, S., Privette, J.L. & Roy, D. (2002). First operational BRDF, albedo nadir reflectance products from MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 83(1-2), 135–148. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00091-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00091-3)
- Shen, H., Jiang, Y., Li, T., Cheng, Q., Zeng, C., & Zhang, L. (2020). Deep learning-based air temperature mapping by fusing remote sensing, station, simulation and socioeconomic data. *Remote Sensing of Environment*, 240, 111692. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111692>
- Sujatha, E. R., & Sridhar, V. (2018). Spatial Prediction of Erosion Risk of a Small Mountainous Watershed Using RUSLE: A Case-Study of the Palar Sub-Watershed in Kodaikanal, South India. *Water*, 10(11), 1608. <https://doi.org/10.3390/w10111608>
- Sulla-Menashe, D., & Friedl, M. A. (2018). *User guide to collection 6 MODIS land cover (MCD12Q1 and MCD12C1) product*. USGS: Reston, VA, USA, 1, 18.
- Williams, J.R. (1995). The EPIC Model. Chapter 25. In *Computer Models of Watershed Hydrology* (pp. 909–1000). Water Resources Publications. Highlands Ranch, CO.
- Zhang, Y., Zhang, P., Liu, Z., Xing, G., Chen, Z., Chang, Y., & Wang, Q. (2024). Dynamic analysis of soil erosion in the affected area of the lower Yellow River based on RUSLE model. *Heliyon*, 10(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23819>

¿Por qué se vacía la Andalucía rural según sus pobladores? Análisis de los factores de abandono y permanencia desde una perspectiva cualitativa


Why is rural Andalusia emptying out according to its inhabitants?
Analysis of the factors of abandonment and permanence from a qualitative perspective

AUTORÍA

Carolina del Valle Ramos 
Departamento de Geografía Humana.
Universidad de Sevilla, España.

José Antonio Nieto Calmaestra 
Junta de Andalucía, España.

Remedios Larrubia Vargas 
Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, España.

Juan José Natera Rivas 
Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, España.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.27280>

CITACIÓN

Del Valle Ramos, C., Nieto Calmaestra, J. A., Larrubia Vargas, R., & Natera Rivas, J. J. (2025). ¿Por qué se vacía la Andalucía rural según sus pobladores? Análisis de los factores de abandono y permanencia desde una perspectiva cualitativa. *Investigaciones Geográficas*, (83), 129-153. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27280>


CORRESPONDENCIA
Carolina del Valle Ramos (cdvalle@us.es)

HISTORIA

Recibido: 12 marzo 2024
Aceptado: 11 octubre 2024
Publicado: 23 enero 2025
(Publicación anticipada: 20 noviembre 2024)

TÉRMINOS

© 2025 Carolina del Valle Ramos, José Antonio Nieto Calmaestra, Remedios Larrubia Vargas, Juan José Natera Rivas

 Este trabajo se publica bajo una licencia [Creative Commons de Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Resumen

Aunque Andalucía no destaca por ser una región muy afectada por la despoblación, lo cierto es que buen número de sus núcleos rurales presentan dinámicas demográficas regresivas. En este contexto, el trabajo que se presenta indaga en las motivaciones y percepciones que tienen los habitantes que residen en dichos ámbitos sobre el proceso de despoblación de sus pueblos, así como en los factores de atracción y abandono y en sus consecuencias. La presente investigación se ha realizado bajo una metodología cualitativa a partir del análisis de entrevistas semiestructuradas dirigidas a distintos perfiles de residentes en municipios afectados por la despoblación. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que el fenómeno de la despoblación es percibido por la población afectada como un hecho multicausal. Valoran positivamente sus territorios, pero muestran preocupación por el futuro y centran los motivos de dicha situación en factores económicos y laborales, que son contrarrestados por los valores de arraigo, el sentimiento de pertenencia al lugar y la familiaridad.

Palabras clave: Despoblación; abandono; permanencia; arraigo; medio rural; Andalucía.

Abstract

Although Andalusia is not one of the regions suffering the highest levels of depopulation, the fact is that there are a substantial number of rural areas with regressive demographic dynamics. In this context, the work presented here explores the motivations and perceptions of the inhabitants living in these areas regarding the process of depopulation of their villages, as well as the factors of attraction and abandonment and the consequences this generates. The research was conducted using a qualitative methodology based on the analysis of semi-structured interviews with different profiles of residents. The results obtained show that the phenomenon of depopulation is perceived by the affected population as a multi-causal fact. They value their territories positively but show concern for the future and focus the reasons for this situation on economic and employment factors, which are counterbalanced by the values of rootedness, the feeling of belonging to the place and familiarity.

Keywords: depopulation; abandonment; permanence; rooting; rural environment; Andalusia.

1. Introducción

1.1. El problema de la despoblación rural

Aunque Andalucía no suele aparecer como un entorno destacado en el común imaginario de la despoblación en España, lo cierto es que gran parte de su territorio padece este fenómeno tanto o más que algunas regiones que están permanentemente en la palestra del problema. Baste, para darse cuenta de ello, un simple acercamiento al devenir demográfico de muchos de sus espacios serranos, tanto de las Cordilleras Béticas, como de Sierra Morena (Nieto et al., 2023), aunque esta es una situación a la que no escapan ni parte de sus campiñas, ni muchas de sus agrocidades.

Sin remontarse al momento álgido del éxodo rural, que en el caso andaluz se produce en el tercer cuarto del siglo XX, se calcula que, en lo que va de siglo, el 54 % de los 785 municipios andaluces y el 55 % de su territorio, tienen hoy menos población que en el año 2000, ascendiendo a casi 70 (8,54 %) el número de municipios que, en este periodo, han reducido su población en más de un 25 %, habiendo incluso alguno, como Algarinejo (Granada), que en estas dos últimas décadas ha perdido más de la mitad de su población.

El fenómeno de la despoblación de la España rural no es una cuestión que haya surgido en estos últimos años, ni siquiera en esta década (Collantes & Pinilla, 2011; Del Pino & Camarero, 2017; Camarero, 2022). El éxodo rural en España, ya ampliamente estudiado, en los años sesenta del siglo pasado, abrió nuevas líneas de investigación que se han ido desarrollando desde entonces en distintas disciplinas de las Ciencias Sociales (Navarro et al., 2023; Cejudo & Navarro, 2023). Sin embargo, en la actualidad, el fenómeno ha incrementado su “popularidad” situándose como uno de los problemas territoriales que más preocupan, tanto a las instituciones (Esparcia, 2021), como a los ciudadanos residentes en dichos ámbitos que, con frecuencia, perciben la cuestión bajo la perspectiva catastrofista, propagada por algunos medios de comunicación (Galletero & Saiz, 2022). El debate, más conceptual que otra cosa, generado acerca de si España está vacía o vaciada, da muestra de ello (Cortizo, 2020). Lo cierto es que, a pesar de todo, el campo español se enfrenta al denominado Reto Demográfico, cuyo objetivo institucional está centrado en combatir la despoblación de los territorios y mejorar la calidad de vida de sus habitantes (Pinilla & Sáez, 2017), evitando la pérdida selectiva de efectivos poblacionales que propician escenarios que favorecen la acentuación de procesos como el envejecimiento, la masculinización y/o la progresiva desvertebración del territorio ya que, como recoge el Manifiesto “Abordar el reto demográfico”, al hacer frente a la despoblación, de ninguna manera, cabe olvidar la dimensión territorial del reto (Asociación Española de Geografía [AGE], 2018).

En los años setenta surgió el concepto de “desarrollo rural” como una estrategia para contrarrestar los efectos negativos que había tenido el modelo económico dominante en estas zonas (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino [MARM], 2009). En tales circunstancias cobran especial significado las políticas contra la despoblación que, desde hace algunos años, están implementando las distintas administraciones públicas. Así, hace ya más de dos décadas que la UE ha interiorizado el problema plasmándolo en un amplio abanico de informes, estrategias, resoluciones y documentos de trabajo (Libro Verde sobre los cambios demográficos, 2005; El futuro demográfico de Europa, 2007; La respuesta de la UE al reto demográfico, 2017, etc.). Igual, ha ocurrido con las distintas administraciones nacionales donde, a nivel estatal, por ejemplo, destacan: la creación del “Comisionado para el Reto Demográfico”, 2018; la Estrategia Nacional frente al Reto Demográfico, 2019; el “Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico”, 2020; o la organización de cuatro congresos nacionales sobre despoblación y reto demográfico, etc. A nivel autonómico destaca la “Estrategia frente al Desafío Demográfico en Andalucía”, 2023, financiada con cargo al Fondo de Cohesión Territorial para el periodo 2023-2025. Esta pone en marcha una serie de medidas que pretenden reducir el éxodo rural y fijar población en los núcleos de menos habitantes. Por su parte, al menos en el caso andaluz, todas las diputaciones provinciales han puesto en marcha políticas contra la despoblación dedicando ayudas y partidas presupuestarias para subvencionar iniciativas de desarrollo y prevenir el desmantelamiento de determinados servicios y equipamientos, tanto públicos como privados (Granada se puebla; Estrategia Provincial ante el Reto Demográfico y la Despoblación Lucha contra la despoblación y la transformación territorial en Almería; Cátedra Repobla en Córdoba; Oficinas contra la despoblación en Sevilla y Huelva).

A esta preocupación se suma la de la propia sociedad civil traducida en la concreción de más de 72 asociaciones y plataformas (Asociación Española contra la Despoblación, Red Española de Desarrollo Rural, Teruel existe, etc.) promotoras, en más de una ocasión, de encuentros y manifestaciones públicas (Madrid, marzo 2019), el desarrollo de proyectos (Arraigo, Ágora) o la organización de ferias nacionales contra la despoblación (Presura) que están demostrando que la labor de promoción e instalación de nuevos pobladores en el

medio rural es muy compleja y que, aunque limitada, ofrece resultados que localmente pueden suponer un gran impacto (Larrubia et al., 2022). Estas medidas e iniciativas políticas confirman la necesidad de intervención de los poderes públicos para afrontar con resolución el problema de la despoblación, aunque sea necesario reenfocar y reorientar los planteamientos de las políticas que se pongan en marcha para acomodar las medidas a la variedad de casuísticas y a las necesidades reales y hacerlas así más efectivas (Sáez, 2021; Sáez et al., 2016).

Hasta el momento, la mayor parte de los estudios realizados, sobre el proceso de despoblación de los ámbitos rurales (Moyano, 2020), han tenido un amplio carácter de diagnóstico. Se han centrado en presentar la evolución del fenómeno en distintos entornos, los factores causantes de la pérdida de residentes y las consecuencias que ello plantea desde el punto de vista económico, social y territorial. Sin embargo, son escasos aún, al menos en España, los estudios que se han preocupado por el análisis de las percepciones y preocupaciones que sobre la despoblación tienen los residentes de los municipios afectados por el fenómeno. Más frecuente, aunque no se aborde en exclusiva la despoblación, es el tratamiento de las autopercepciones que los habitantes de los entornos rurales tienen sobre sí y su modo de vida (Auh & Cook, 2009; Peón et al., 2020). En este contexto, el conocimiento de la opinión de los ciudadanos se considera necesario, en aras a justificar las intervenciones públicas y de cara a actuaciones futuras que sintonicen realmente con la problemática percibida por la población, como forma de mejorar eficazmente su bienestar y calidad de vida. En este sentido, destaca como pionero el trabajo de Gómez-Limón et al. (2007) sobre la percepción pública del problema de la despoblación rural en Castilla y León. Cabe mencionar también el trabajo de Rivera (2020) sobre el arraigo de nuevos residentes y su papel en la revitalización rural. Junto a estos, otro de los más recientes es el realizado desde la Cátedra de la Despoblación y Reto Demográfico en colaboración con la Fundación AXA bajo el título “Estudio de percepción de los avances realizados en la España Despoblada desde el 31 de marzo de 2019” (Campo, 2021), cuyo objetivo se centró en medir los avances producidos desde la creación del Ministerio de Transición Energética y Reto Demográfico.

En Andalucía, los estudios sobre la despoblación, tal y como apuntan Nieto y Capote (2022), comenzaron más tarde que en otras comunidades autónomas, probablemente porque las consecuencias que genera dicho proceso no han sido, desde el punto de vista territorial, tan evidentes como en regiones donde la tipología de poblamiento ha favorecido situaciones de abandono casi total de los pueblos. Las investigaciones desarrolladas suelen relacionarse con otros procesos, como el envejecimiento demográfico (Del Valle & Almoguera, 2020), el impacto de la inmigración sobre el crecimiento poblacional (Fernández, 2004; Navarro Rodríguez et al., 2012), el asentamiento de neorrurales (Bertuglia et al., 2013), los patrones de distribución en el territorio (Cebrián, 2006), el papel de las ciudades medias en el medio rural (Garrido et al., 2016) o su integración social (Natera, 2015). Desde el punto de vista de la percepción, el número de investigaciones es más escaso, aunque destaca el reciente trabajo de Moreno y Luque (2023) centrado en el Valle del Guadiato (Córdoba).

1.2. Los diferentes enfoques sobre la despoblación rural

Las iniciativas puestas en marcha para atajar la despoblación en las últimas décadas partieron de la concepción de que el problema del abandono hunde sus raíces principalmente en cuestiones económicas (Cruz & García, 2020), como ponen de manifiesto las medidas implementadas, orientadas a diversificar las actividades económicas y a potenciar la multifuncionalidad del medio rural (Iniciativa Comunitaria Leader, medidas para fomentar el empleo, etc.).

Sin duda, en el peso que se ha dado a los factores económicos, está presente uno de los principales paradigmas que han explicado las migraciones: la teoría sobre la atracción-repulsión (Push and Pull), en la que Lee (1975) presupone la existencia de factores asociados tanto a la zona de origen como a la de destino; el accionar de obstáculos intermedios que afectan al desplazamiento (distancia, costo del transporte, dependencias familiares que el migrante tiene, etc.) y reconoce que la autopercepción y los factores personales (ciclo vital, conocimiento de las condiciones que imperan en otros lugares, resistencia a los cambios, aspiraciones) inciden en el proceso migratorio (Salas, 2009). El marco analítico “push-pull” identifica la interacción de fuerzas de expulsión de carácter económico, entre las que se encuentran: la sobrepoblación, el desempleo-subempleo, la baja productividad agrícola, la falta de tierra, etc., o social que consideran la falta de seguridad o de servicios; al mismo tiempo que factores positivos en las áreas de destino como; la demanda de empleo, industria y servicios, la percepción de jornales más altos, mejores oportunidades educativas, servicios sociales y recreación, etc.

Ciertamente, estas iniciativas han tenido y tienen impacto en el medio rural, más allá del exclusivamente económico, promoviendo una mayor participación social, fomentando el liderazgo y la capacidad de gestión y avanzando en un enfoque territorial (Cruz & García, 2020). Sin embargo, como ponen de manifiesto tanto las cifras (Federación Española de Municipios y Provincias [FEMP], 2017) como diversos estudios (Esparcia, 2021; Navarro et al., 2012; Nieto & Cárdenas, 2015) no han sido suficientes para revertir el problema de la despoblación y transformar la situación de abandono (Cruz & García, 2020). Por ello, sin perder de vista la importancia de lo económico en los procesos de asentamiento de la población, hay que explorar otras dimensiones que puedan actuar positivamente en esta problemática. Así, como indica Guattari (1996), los procesos subjetivos, que están operando en la construcción de vínculos socioespaciales, constituyen un punto clave en el alcance del desarrollo sostenible de los territorios rurales.

En esta línea, desde hace unas décadas, distintas disciplinas como la geografía, la sociología o la psicología, han mostrado un interés renovado por probar cómo los lazos o vínculos afectivos que unen a las personas con el territorio pueden influir en la sostenibilidad rural y constituir un elemento de freno a la despoblación.

A pesar del creciente interés científico en el análisis de estos vínculos, Hidalgo (2013) apunta que no existe un acuerdo respecto al nombre, definición o enfoque metodológico más adecuado para ocuparse de ello. Algunos de los conceptos que la comunidad científica ha desarrollado para tratar de explicar el proceso de vinculación entre las personas y los lugares son: apego al lugar; apego a la comunidad; sentido de comunidad; identidad de lugar; identidad urbana; identidad social urbana; satisfacción residencial; apropiación del espacio; territorialidad o dependencia del lugar (Hidalgo & Hernández, 2001; Vidal et al., 2013; Borroeta et al., 2015).

De entre estos conceptos, el de apego o arraigo será el que prioritariamente estará presente en esta investigación. Según la Real Academia Española (RAE) arraigar es echar o criar raíces, significado del que se deriva el concepto de arraigo social que sería el vínculo que una persona tiene a un lugar, vinculándose a personas y cosas. El apego al lugar hace referencia a una conexión emocional que las personas establecen con los lugares, e incluye la tendencia a permanecer cerca del objeto de apego. Esta noción también estaría vinculada al concepto de lugar de la geografía humanista, como indican distintos investigadores dentro de este paradigma (Buttimer & Seamon, 1980; Agnew & Ducan, 1989; Proshansky et al., 1983). Los lugares, por tanto, están llenos de significados y tienen una dimensión existencial, una vinculación emocional con el ser humano y se relacionan con un espacio concreto y unos atributos bien definidos. Esta perspectiva enlaza con el sentido de comunidad, desarrollado por McMillan y Chavis en 1986 (citado en Vidal et al., 2013) para hacer referencia a los vínculos establecidos entre las personas que habitan en un lugar.

La exploración de los vínculos afectivos desarrollados entre los individuos y los lugares ha hecho especial hincapié en la participación de las personas y las comunidades en los procesos de transformación espacial de su entorno, llegándose a afirmar que el apego al lugar y el sentido de comunidad influyen directamente en la revitalización de los vecindarios, puesto que, si no existe conexión emocional entre las personas y los lugares estas no suelen comprometerse en la puesta en marcha de iniciativas destinadas a la mejora del medio que habitan (Borroeta et al., 2015). Según Vidal et al. (2013) e Hidalgo (2013), a la hora de analizar los factores de arraigo a los lugares, dos son las dimensiones a tener en cuenta: la dimensión social o los aspectos inmateriales (relaciones sociales que se establecen entre personas y lugares), y la dimensión física o aspectos materiales (donde converge todo lo relacionado con la valoración de lo rural y con los recursos que los lugares proporcionan). De ambas se deriva el espectro de vínculos que las personas establecen con su entorno y que constituyen los factores que arraigan a las personas a los lugares (Borroeta et al., 2015; Hernández et al., 2007). Sin embargo, las investigaciones se han centrado más en la dimensión social que en la física. Si bien, como indica Hidalgo & Hernández (2001) el lugar físico, las oportunidades que el medio ofrece o las necesidades que en él se satisfacen, son factores de vital importancia en el desarrollo del apego.

Por tanto, la noción de arraigo hace referencia al apego al pueblo en el que se está viviendo, la valoración de lo que supone vivir en él, y la proyección de esa actitud hacia el futuro. El desarraigo implica lo contrario. Lógicamente entre arraigo y desarraigo existe un continuum de actitudes y posiciones vitales que van desde la aceptación entusiasta de la vida rural (se pone en valor lo positivo de ser “de pueblo” y de vivir en un pueblo al que se pertenece, bien por lazos familiares o por elección) hasta el rechazo abierto (el pueblo no ofrece ninguna oportunidad, mantenimiento en el pueblo hasta que se consiga una alternativa mejor, lo que se puede volver claramente en desarraigo cuando las condiciones laborales o de relación con el entorno se vuelvan más difíciles), pasando por situaciones más o menos conformistas o resignadas (consideran que el pueblo no les ofrece la simple posibilidad de sobrevivir).

Este sentimiento de arraigo se construye en torno a una nueva identidad rural, en la que es fundamental la idea de conectividad y movilidad (es decir, la posibilidad de alternar de forma fácil y estratégica el pueblo y la ciudad), pero también sobre el trasfondo de una situación laboral positiva que se asienta en capital formativo, por una parte, y capital social, en forma de una tupida y consistente red de apoyo familiar (González & Gómez, 2002).

No hay que olvidar, que a lo largo de los años la conceptualización del apego al lugar se ha ido relacionando con otros términos, abordándola como un constructo multidimensional o considerándola como una dimensión de otros conceptos más generales (Hidalgo, 2013). La identidad de lugar es uno de los conceptos que ha recibido mayor interés en el estudio del apego al lugar. Algunos autores utilizan ambos términos como sinónimos, otros los consideran dimensiones de un constructo superior, como el de sentido de lugar, o uno como componente del otro.

Teniendo en cuenta la distinción realizada por Vidal et al. (2013) las respuestas de las entrevistas desarrolladas en esta investigación permiten distinguir distintas dimensiones o vínculos que conectan a la población con el lugar: los vínculos físicos se concretan en una valoración positiva de distintos aspectos rurales (calidad y estilo de vida, empleo, recursos, desafección por lo urbano, propiedades, negocios, etc.); los lazos o vínculos afectivos personas/territorios se concretan en relaciones interpersonales, familiares, amistades, sentimiento de identidad, raíces, etc.

Por todo ello, el principal objetivo que plantea este trabajo es mostrar cuales son las motivaciones y percepciones que los habitantes de núcleos afectados por la despoblación en Andalucía tienen sobre los factores y/o causas que explican el abandono o permanencia de los residentes en dichos municipios, así como las principales consecuencias que dichos factores están generando en sus pueblos. Ello puede contribuir a determinar las medidas más adecuadas para conseguir frenar y/o paliar el fenómeno de la despoblación que todos estos ámbitos sufren. Se parte, así, de la hipótesis de que los residentes de estos municipios rurales han normalizado dentro de las dinámicas demográficas de sus territorios el proceso de despoblación de sus pueblos, como una cualidad intrínseca de los mismos, lo que fomenta la conciencia social de que sólo mediante políticas directas de dinamización económica es posible revertir la tendencia demográfica.

2. Metodología

La investigación se ha realizado bajo una metodología cualitativa, con un claro componente analítico. La fuente de partida es una entrevista cualificada realizada exprofeso en el segundo semestre de 2021 en el marco de un proyecto FEDER Andalucía 2014-2020. Se trata de una entrevista amplia conformada por cuatro grandes bloques temáticos enfocados a conocer el alcance de la despoblación en Andalucía. Así, en un primer apartado, se abordaba la situación del territorio andaluz ante la despoblación, tanto en su conjunto como a nivel local; en el segundo bloque, las preguntas indagaban sobre las medidas que se habían venido adoptando; en el tercero, sobre las posibles soluciones al problema y, finalmente en el cuarto, sobre cómo la COVID-19 y su impronta, a comienzos de la década actual, habían incidido en el fenómeno de la despoblación.

El presente trabajo se ha centrado, de forma exclusiva, en el análisis de los resultados obtenidos en el primer bloque de la entrevista, en concreto, sobre la percepción que los residentes de localidades afectadas por dinámicas demográficas regresivas tienen del fenómeno de la despoblación. En este sentido, las entrevistas fueron estratificadas de acuerdo con los ítems recogidos en la Tabla 1, habiendo sido especialmente considerados el nivel de despoblación del núcleo de residencia y el perfil del informante.

Así, por un lado, en sentido territorial, fueron tenidos en cuenta los municipios que sufren la despoblación según grados de intensidad. Exactamente se diferenció entre municipios con despoblación extrema (los que han perdido más de un cuarto de su población en las últimas dos décadas); con alta despoblación (los que han sufrido pérdidas entre un 10 y un 25 %) y municipios con escasa despoblación (con pérdidas inferiores al 10 %). Ante la imposibilidad de profundizar en la amplia y variada casuística de la despoblación en Andalucía, se seleccionaron un total de 12 municipios, intentando abarcar distintos ámbitos de la región y que todas las provincias estuvieran representadas: Encinasola (Huelva), Belmez (Córdoba), Castilléjar (Granada) y Alboloduy (Almería), entre los de despoblación extrema; Cañaveral de León (Huelva), Cortes de la Frontera (Málaga), Serón (Almería) y Cambil (Jaén), entre los de alta despoblación; y Quesada (Jaén), Prado del Rey (Cádiz), El Rubio (Sevilla) y Doña Mencía (Córdoba), entre los de escasa despoblación (Figura 1).

Por otro lado, se estableció una diferenciación entre seis categorías de informantes: docentes, empresarios-as, políticos-as locales, mujeres, jóvenes y personas mayores, considerando que dichos targets, de los cuales se garantizaba su no superposición, podían aportar matices destacables sobre la percepción del problema.

Tabla 1. Variables de estratificación de la población encuestada

EDAD	SEXO	NIVEL DE ESTUDIOS	LUGAR DE NACIMIENTO	LUGAR DE RESIDENCIA	TIEMPO DE RESIDENCIA
	Hombre	Sin estudios		Alboloduy	
	Mujer	Primarios o EGB		Belmez	
		Secundarios ESO		Cambil	
		Secundarios Bachiller		Cañaveral de León	
		Formación Profesional		Castilléjar	
		Universitarios o Superiores		Cortes de la Frontera	
				Doña Mencía	
				El Rubio	
				Encinasola	
				Prado del Rey	
				Quesada	
				Serón	
SITUACIÓN LABORAL	SECTOR DE ACTIVIDAD	ESTADO CIVIL	NIVEL DE DESPOBLACIÓN	PERFIL DEL INFORMANTE	
Asalariado	Agrario	Soltero	Despoblación extrema	Docente	
Autónomo	Industrial	Unión libre	Alta despoblación	Empresario local	
Estudiante	Servicios	Casado	Escasa despoblación	Político local	
Jubilado	Otro	Divorciado		Representante juvenil	
Parado		Viudo		Representante mayor	
Trabajo doméstico no remunerado				Representante mujer	
Otro					

Elaboración propia

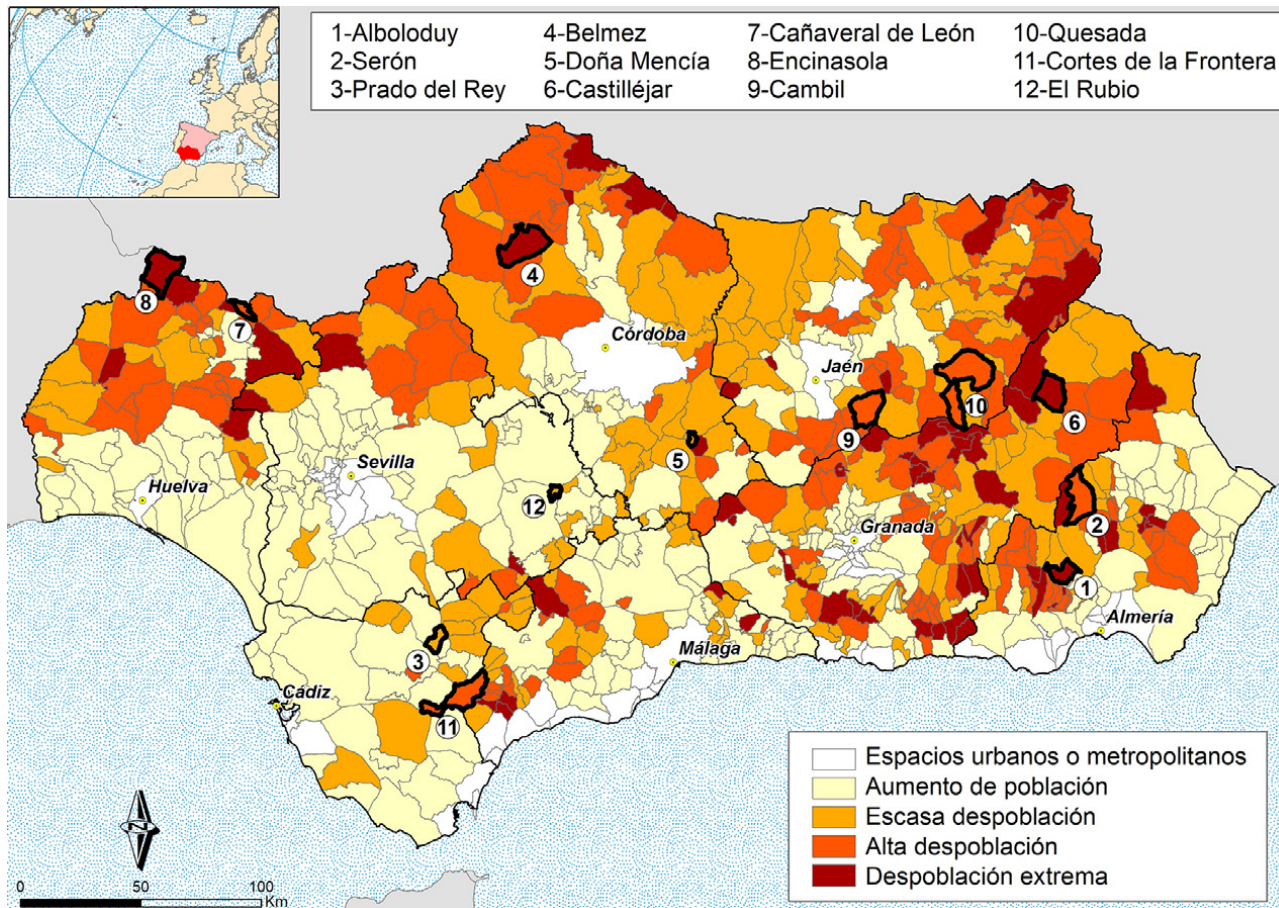
A partir de esta doble clasificación se hicieron un total de 72 entrevistas, seleccionando como mínimo a una persona de cada perfil en cada pueblo. Para la selección de los entrevistados se han utilizado varios recursos: el contacto y conocimiento previo de algunos entrevistados, las redes sociales o la solicitud directa a los representantes políticos; a partir de ello, se puso en marcha la técnica de bola de nieve.

En este trabajo, que explota solamente una parte del cuestionario, se asumen tanto la referenciación geográfica de las entrevistas, como los perfiles de los entrevistados, cuestiones establecidas en la fase de diseño del proyecto de investigación. En concreto, se han explorado las respuestas a los interrogantes concretos de cómo los entrevistados percibían la situación de despoblación de sus municipios de residencia, requiriéndose al entrevistado/a su punto de vista sobre:

- La tendencia demográfica del municipio a corto-medio plazo, diferenciando entre tres situaciones: un avance de la despoblación, el mantenimiento de la población o la previsión de crecimiento.
- La existencia de intenciones de permanecer o no en el municipio tanto por parte del entrevistado como de su círculo más cercano (familiares, amigos, etc.) y las motivaciones para marcharse o, por el contrario, permanecer en el pueblo.

- Las causas, razones o motivos por los que cambiarían de opinión y se quedarían en vez de marcharse, si es que lo estaban pensando.
- Las perspectivas de futuro que les ofrece el pueblo, en el caso de decidir permanecer.

Figura 1. Caracterización demográfica de los municipios seleccionados



Elaboración propia

3. Resultados

Uno de los aspectos más interesantes que plantea esta investigación es conocer si el fenómeno de la despoblación es concebido por los habitantes de los ámbitos que la padecen como un hecho puntual o un fenómeno intrínseco. Los resultados fueron concluyentes: el 55 % de los entrevistados manifestaron la convicción de que su pueblo, independientemente del mayor o menor grado de afección por la despoblación, iba a seguir perdiendo habitantes. Para un 20 %, la población municipal se iba a mantener y, tan solo un 4 % pensaba que la tendencia podía revertir hacia una situación de crecimiento. Hay que destacar que pese a cuestionarles sobre el asunto con una pregunta directa, hubo quienes, aunque respondieron a la pregunta, no se pronunciaron al respecto (18 %) o no lo tenían claro (3 %).

La argumentación que los entrevistados utilizan para sustentar su percepción sobre la despoblación de sus pueblos es tan variada como rica en matices, siendo esta la cuestión que a partir de este momento centrará el contenido del trabajo, que tratará de analizar las razones aducidas agrupadas en una serie de grandes bloques temáticos.

3.1. Autopercepción de la población sobre el contexto demográfico de sus municipios

Una primera cuestión mencionada por varios de los entrevistados tiene que ver con lo que se podría llamar el problema de los “empadronamientos fantasmas”, es decir, la población registrada en un municipio por razones laborales, electorales, sanitarias, sentimentales y/o patrimoniales, etc, pero que realmente no reside en él (Sabater & Ajenjo, 2005).

La otra cara de la moneda es el fenómeno de la “población flotante o estacional”, una población que, en este caso, no se empadrona porque tiene su lugar de residencia en otro municipio, pero que suele pasar en el pueblo temporadas más o menos prolongadas por distintas motivaciones (fines de semana, ocio-vacaciones, temporeros, etc.). Este fenómeno, estudiado en el caso castellanoleonés por Delgado & Martínez (2014), contribuye notablemente a la revitalización de los pueblos, aunque, en la mayor parte de los casos, sólo de forma estacional.

3.2. Percepción sobre los factores de permanencia y/o atracción del medio rural

Siguiendo a Vidal et al. (2013), las respuestas extraídas de las entrevistas, con relación a la permanencia y/o atracción de la población en el medio rural, se estructuran en el modo que recoge la Tabla 2.

Tabla 2. Factores y dimensiones de permanencia y/o atracción del medio rural

<i>Factores</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Subdimensiones</i>
1. Vínculos materiales personas/territorio	a. Valoración de lo rural frente a lo urbano	a.1. Calidad/estilo de vida <ul style="list-style-type: none"> • Tranquilidad/Seguridad • Cercanía física • Movilidad intermunicipal a.2. Patrimonio cultural/natural <ul style="list-style-type: none"> • Aproximación a la naturaleza • Actividades al aire libre • Historia/tradiciones • Desafección hacia lo urbano • Nueva concepción de lo rural
	b. Recursos materiales	b.1. Trabajo/realización personal <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo no cualificado, autoempleo • Ayudas sociales • Funcionarización laboral b.2. Bienes inmuebles propios (casa, explotación agraria) b.3. Menor coste de la vida b.4. “Vida hecha” (trabajo estable, casa propia, pareja, etc).
2. Vínculos inmateriales personas/territorio	a. Relaciones interpersonales y sociales	a.1. Vínculos afectivos: <ul style="list-style-type: none"> • Solidaridad • Conexión emocional con vecinos, familiares a.2. Sentimiento de comunidad <ul style="list-style-type: none"> • Ayuda mutua a.3. Valor de las raíces a.4. Vínculos familiares permanentes a.5. Trato personalizado a.6. Familismo (importancia de la familia)

Elaboración propia

3.2.1. Vínculos materiales: vínculos físicos personas/territorios

Los vínculos físicos se relacionan con aspectos o potencialidades del medio rural que contribuyen a fijar la población en estas áreas. Se trata de ver las relaciones que los pobladores rurales establecen con su ambiente residencial que contribuyen a su permanencia. Dos grandes dimensiones interactúan; por un lado, la valoración de lo rural frente a lo urbano, en sus múltiples dimensiones (estilo y calidad de vida, entorno natural-paisajístico, etc.), y, por otro lado, la valoración de los recursos materiales que el medio proporciona (empleo, vivienda, etc.) (Tabla 2).

La calidad de vida aparece como un argumento de peso para permanecer en el medio rural, o para abandonar el frenético ritmo de vida de los grandes núcleos de población y volver al campo, por encima incluso de las dificultades que genera la carencia de algunos servicios, infraestructuras, etc., y la necesidad de desplazarse a otros entornos para conseguirlos. Uno de los entrevistados lo expresa así: “Yo me quedo aquí, a mí me gusta mucho vivir aquí, la calidad de vida aquí es estupenda y trabajar aquí tranquilamente, aunque me tenga que desplazar a ciertos servicios” (43 años, hombre, docente, municipio con despoblación extrema).

El concepto de calidad de vida se presenta como multidimensional, hace relación a valores como la tranquilidad de vivir en un lugar sin agobios, sin estrés, con seguridad en el desarrollo de la vida cotidiana, aspectos especialmente valorados con relación a los hijos, lo que se traduce en un entorno privilegiado para su crianza, siendo éste un aspecto manifestado por la población de mediana edad con hijos a su cargo y, especialmente, en los municipios de alta y extrema despoblación: “Aquí están mucho más controlados los niños, incluso como adolescentes, pueden llegar a las 12 de la noche que a mí me da igual (...) en la ciudad estás sufriendo hasta que no llegan a casa, pero aquí tienes mucha tranquilidad” (44 años, mujer, asalariada, municipio con despoblación extrema).

Otro de los aspectos en el que se manifiesta la calidad de vida es la cercanía, concebida desde dos perspectivas; por un lado, como proximidad física, en términos de distancia, por otro lado, como cercanía afectiva (relaciones interpersonales, que abordaremos más adelante). La cercanía física entronca con la fácil movilidad en el interior de los núcleos rurales para desarrollar los aspectos de la cotidianidad diaria (comercio, médico, ayuntamiento, colegio, etc.) y con la reducción de distancias intermunicipales que se está produciendo en algunos municipios, debido a la mejora de las infraestructuras y conectividad entre los territorios, aspectos señalados, especialmente, en los núcleos más cercanos a centros urbanos y menos despoblados. La disminución de las distancias en el interior del municipio se traduce en una menor pérdida de tiempo y libertad de desplazamiento sin las ataduras del coche, lo que redundará positivamente tanto en la economía (reducción de gastos en transporte diario), como en la dinámica familiar (se gana tiempo para estar con la familia). El aumento de la interconectividad, debido a la mejora de las infraestructuras viarias, acerca la población a su entorno, de forma que este aspecto junto con la disponibilidad de vehículo propio es muy valorado para la permanencia en el lugar. Así lo refiere una de las entrevistadas: “Cuando hablo de nivel de vida es la cercanía. Mi niño tiene el cole a 2 minutos, el pabellón para ir a fútbol a 4, no hace falta que coja el coche, en la capital eso es impensable” (35 años, mujer, asalariada, municipio de escasa despoblación).

El valor que atribuyen muchos entrevistados a la calidad de vida en el medio rural compensa las carencias que ellos mismos manifiestan que existen en estos entornos: la población está dispuesta a llevar una vida más sobria y austera, limitando su nivel de consumo, con tal de no perder los valores que les proporciona el entorno rural. Hay que puntualizar que no es una opinión generalizada si no que se vincula a población mayoritariamente adulta que siempre ha permanecido en el medio rural, residente en municipios de alta o extrema despoblación, respuestas que suelen coincidir con el perfil laboral de quienes poseen formación superior (docentes), con jubilados y gestores públicos. Son manifestaciones en las que implícitamente se advierte el cariño al pueblo, el sentido de pertenencia y el valor a sus raíces: “La verdad es que yo vivo bien. Que te acostumbras a las carencias y lo llevas bien” (66 años, hombre, jubilado, municipio de alta despoblación).

Junto a la calidad de vida, otro aspecto muy valorado, que genera vínculos al territorio, es el patrimonio cultural, natural y etnográfico. Se aprecian tanto los aspectos que forman parte del pasado (patrimonio cultural, historia), como las experiencias vividas (romería, semana santa, etc.). Esta dimensión se vincula a municipios de extrema-alta despoblación, más a población masculina que a femenina, y en cuanto al perfil socioprofesional a población con estudios superiores y empresarios locales. Los entrevistados lo expresan así: “Bueno, a mí este municipio me ofrece el conocimiento de su historia, de su cultura, de sus tradiciones, de la vida de antes” (60 años, hombre, político local, municipio con despoblación extrema).

Una segunda dimensión dentro de los vínculos físicos son los aspectos materiales que arraigan a la población en el territorio (trabajo, propiedades, etc.). En este sentido, el primer aspecto de permanencia en el municipio es el trabajo, que se configura como factor esencial para fijar población, la percepción de que el municipio ofrece oportunidades de desarrollo personal se configura como el elemento esencial para la permanencia en él y para la continuidad futura. Aspecto que es puesto de manifiesto en todos los perfiles de población y en todos los municipios, aunque, se aprecia una mayor incidencia en los menos aislados y despoblados: “Los que estamos aquí es porque tenemos trabajo aquí, los demás están todos fuera” (51 años, mujer, asalariada, municipio con despoblación extrema).

Esta cuestión está relacionada con otra idea expresada con frecuencia en los discursos: las mayores facilidades que hay en los pueblos para encontrar trabajo no cualificado, informal, no regulado y para el autoempleo. Hay una coincidencia en las entrevistas de que los varones lo tienen más fácil para insertarse laboralmente en el medio rural, donde predomina el empleo no cualificado relacionado con el sector primario o los servicios (autoempleo). De hecho, la situación laboral de gran parte de las personas entrevistadas es la de autónomo, bien por haber creado un negocio o por regentar el negocio familiar heredado.

Estas características atribuidas al mundo laboral de los entornos rurales han facilitado el retorno de aquellos que emigraron a los núcleos urbanos y que, como consecuencia de la crisis económica, especialmente la de 2008, perdieron su trabajo. Una vez en el pueblo tienen varias opciones: crear un negocio propio, desarrollar una actividad laboral de baja cualificación en actividades propias del ámbito rural, o combinar la actividad intermitente con las ayudas habilitadas para los asalariados agrarios. El sector agrario se presenta como uno de los que mejor ha resistido a la crisis jugando un papel esencial en el sostenimiento de las comarcas: “Yo estaba fuera, pero yo era albañil y cuando era difícil encontrar trabajo decidí venirme a mi pueblo (...). Y nos ha ido bien” (42 años, hombre, autónomo, municipio con despoblación extrema).

El factor trabajo, como elemento de permanencia, aparece frecuentemente vinculado a la posibilidad de acceder a diferentes políticas públicas destinadas directamente a mejorar la renta de los hogares rurales. A pesar de la controversia del Subsidio de Desempleo Agrario, la Renta Agraria y el Plan de Empleo Rural (PER) en Andalucía y Extremadura¹, han contribuido a fijar población en el medio rural (Larrubia et al., 2022) y a mantener una estructura de asentamientos mucho más equilibrada que en otras comunidades autónomas donde no han existido (Cejudo et al., 2016). Estas medidas tienen efectos inmediatos en el poder adquisitivo de la población rural, sobre todo en aquellos grupos de menor nivel de renta (Larrubia et al., 2022). Es una opinión muy generalizada en la población joven con formación básica y en todos los municipios, independientemente de su nivel de despoblación: “Tampoco tengo la necesidad de salir fuera a buscar trabajo, pues aquí te puedes apuntar al paro, a barrer calles y cobrar el PER” (36 años, mujer, empresaria local, municipio con alta despoblación).

La funcionarización laboral aparece como elemento esencial para la permanencia en el municipio (ayuntamiento, servicio de salud, correo, enseñanza, etc.). Dentro de este colectivo es destacable la figura del docente. Aunque en la mayor parte de los entornos rurales los docentes protagonizan diariamente movimientos pendulares, este no es el caso de los municipios que nos ocupan. En estos la mayoría de los docentes entrevistados viven en el pueblo, muchos de ellos, incluso, son originarios del mismo y han terminado por estabilizar su situación laboral en el municipio. Tanto autóctonos como foráneos; valoran la calidad de vida en el medio y resaltan muy positivamente los valores de la escuela rural.

Asimismo, algunos de los jóvenes que vuelven al pueblo tras la formación, es porque han encontrado un trabajo, especialmente de funcionario que, aunque no sea en la misma rama o especialidad que han estudiado, sí demandan un nivel de cualificación a la altura de su formación: “Los que han vuelto y están aquí es porque son funcionarios, uno en el ayuntamiento, otros son de salud” (54 años, mujer, universitaria, docente-asalariada, casada, municipio con escasa despoblación).

Dos últimos aspectos contribuyen a la permanencia: poseer bienes inmuebles propios (casa, tierras) y el menor coste de la vida en el espacio rural. Las explotaciones agrarias en estos municipios se caracterizan, en su mayor parte, por sustentar cultivos de secano, poco viables, dependientes de las subvenciones de la Política Agrícola Común (PAC), ello supone que sólo representen una ayuda para la economía doméstica y no la base fundamental de los ingresos familiares. La explotación agrícola vincula al territorio desde otras dos perspectivas: por lazos emocionales que unen población/tierra (la explotación forma parte del legado familiar) y como complemento a la renta familiar y poder acceder a las ayudas de la PAC. El tener o no vivienda aparece como elemento de permanencia, valorada por la amplitud de espacio en relación con las urbanas y el menor precio tanto para su adquisición como para su alquiler, todo lo cual incide en un menor coste de la vida. Son opiniones muy generalizadas en todos los perfiles entrevistados y niveles de despoblación: “Yo me quedo porque primero que es mi pueblo y tengo mi casa y tengo una casa grande” (27 años, hombre, político local, municipio con escasa despoblación).

Los aspectos anteriores se sintetizan en una idea muy presente en los discursos: se quedan en el pueblo porque “tienen una vida hecha”. Este concepto se relaciona con tener trabajo en el municipio o en entornos próximos que permitan con facilidad el movimiento pendular diario, contar con propiedades (viviendas, terreno agrícola), regentar un negocio, o tener pareja; aspecto interrelacionado con la estructura por edad de la población, ya que, a edades avanzadas son más frecuentes las situaciones de inmovilismo, es decir, esa tendencia a mantener su situación sin cambios, salvo circunstancias excepcionales: “Yo con la edad que

¹ El subsidio de desempleo agrario se creó en 1984 en Andalucía y Extremadura ante los elevados niveles de paro en el sector agrario, sufriendo posteriormente distintas modificaciones que concluyen con la renta agraria en 2003. El Programa de Fomento del Empleo Agrario (PFEA) se puso en marcha en 1986 y desde entonces ha permitido invertir en obras de interés general y social en toda Andalucía, la contratación de cientos de miles de trabajadores y millones de jornales (Larrubia et al., 2022).

tengo ya me quedo en mi pueblo a mí me gusta mi pueblo, yo quiero estar en mi pueblo” (64 años, hombre, político local, municipio con despoblación extrema).

3.2.2. Vínculos inmateriales: vínculos sociales personas/territorios

Uno de los aspectos más interesantes que ha puesto de manifiesto el análisis de los cuestionarios ha sido que los lazos o vínculos afectivos que unen a las personas con el territorio pueden influir en la sostenibilidad rural y ser un elemento de freno a la despoblación. El valor de las relaciones interpersonales aparece continuamente en los discursos de las personas entrevistadas y se configura como una motivación importante para permanecer o volver al pueblo, siendo ésta una señal de identidad del mundo rural. Los aspectos que se destacan de estas relaciones interpersonales son múltiples y variados, la conexión emocional con los vecinos, amigos y familiares, la solidaridad, la cercanía a las personas (se puede contar con alguien cuando se necesita), la facilidad de comunicación personal en el sentido que en el mundo rural todos se conocen, la ayuda mutua y la vida en comunidad, etc. (Tabla 2).

Este sentimiento de apego al pueblo se ha visto favorecido por dos elementos: las características del entorno, la escasez de población y la preservación de una cultura más gregaria, factores que favorecen el mantenimiento de relaciones de ayuda mutua que parecen no conservarse en otros contextos; y la existencia de vínculos generacionales previos, resaltándose así, el valor de las raíces. En esta línea, es frecuente que nunca se produjera la desconexión total de la población con su entorno, los vínculos se mantienen; al pueblo se vuelve a pasar tiempo de ocio (vacaciones), en fechas señaladas (fiestas), para visitar a la familia. Estos lazos son los que a largo plazo motivan el retorno al pueblo tras la jubilación. El arraigo al lugar (sentimiento de apego, familismo, amistades, etc.) es otro aspecto que explica tanto la permanencia en el pueblo, como la vuelta a él, pero siempre que se contemple el poder desarrollar una actividad laboral. Si bien, en los últimos tiempos este aspecto está perdiendo peso debido al sobre-envejecimiento de la población en el medio rural (Camarero et al., 2009; MARM, 2009; Larrubia & Natera, 2020) que hace que vayan desapareciendo los vínculos familiares, lo que dificulta la vuelta de las generaciones más jóvenes.

El trato personalizado y cercano en el uso de los servicios diarios (sanidad, comercio, ayuntamientos) son también aspectos valorados muy positivamente, de lo que se desprende que la dimensión social del apego se revela como máximo exponente de pertenencia y vinculación con el lugar, pero no solo para los oriundos del medio rural, sino también para los nuevos residentes, aspectos reiterados en población de edades medias y avanzadas y en ámbitos de alta y extrema despoblación: “Una de las cosas que desde que vivo aquí valoro mucho es la cercanía de todo (...). También valoro ese trato más personalizado y la humanización del trato que recibes” (55 años, mujer, asalariada, municipio con despoblación extrema).

Una última dimensión que destacar es el “familiarismo”. La importancia de la familia se ha impuesto sobre las opciones individuales de las personas que no han visto otra alternativa que permanecer en el municipio por el sentido del deber hacia sus padres, convirtiéndose su presencia en imprescindible para el funcionamiento del grupo familiar. Esta es una dimensión que destaca fundamentalmente en la población femenina: “Cuando finalicé mis estudios mi madre se puso mala y tuve que hacerme cargo de la casa” (53 años, mujer, asalariada, municipio con escasa despoblación).

Como síntesis de los factores de atracción del mundo rural se puede apuntar que estos se sustentan en torno a una nueva identidad rural (se pone en valor lo positivo de ser “de pueblo” y de vivir en un pueblo), en la que es fundamental la idea de conectividad y movilidad (es decir, la posibilidad de alternar de forma fácil y estratégica el pueblo y la ciudad), pero también sobre el trasfondo de una situación laboral positiva que se asienta en el capital formativo y en el capital social, en forma de una tupida y consistente red de apoyo familiar.

3.3. Percepción de los factores que contribuyen al abandono del medio rural

Del análisis de las entrevistas se ha podido deducir que la población de los municipios andaluces afectados por la despoblación percibe como principal problema social, que obstaculiza su permanencia en estos núcleos, la falta de oportunidades laborales (elevados niveles de paro), seguido de la falta de un parque adecuado de viviendas, y las dificultades formativas para las personas jóvenes (Tabla 3). Son respuestas que se vinculan especialmente a la población joven y de mediana edad que se preocupa no tanto por la situación propia sino por el futuro de los hijos. Asimismo, está muy presente en los municipios de extrema y alta despoblación con elevados problemas de conectividad a los núcleos más dinámicos. Tras estos factores, en segundo lugar, se

sitúan: el escaso dinamismo empresarial, y la falta de infraestructuras (educativa, sanitarias, ocio-recreativas etc). El resto de las categorías aparece en los discursos de los entrevistados, con menor frecuencia.

Como se acaba de indicar, uno de los principales factores que contribuye al abandono del medio rural frente al urbano son las menores oportunidades formativas y laborales (González, 2008). En este sentido, se observa en las narraciones un discurso contradictorio entre oportunidades y limitaciones, que se manifiesta entre el querer quedarse y tener que marcharse, si bien las dificultades laborales existentes se superponen a los vínculos afectivos con el lugar: “Mis hijos están en Sevilla y se han ido con todo el peso de su corazón. Si hay una forma de que te puedas quedar, lo haces, prefieren ganar un poquito menos aquí” (64 años, hombre, jubilado, municipio con despoblación extrema).

Los diferentes discursos han mostrado que las zonas en riesgo de despoblación (en especial las de alta y extrema despoblación) sufren dificultades para absorber dos tipos de demanda de empleo; el empleo de alta cualificación, que requiere una población cada vez más preparada académicamente; y el empleo femenino, debido a que la masculinización del empleo en las economías rurales provoca una mayor migración en términos relativos de las mujeres y, en consecuencia, una masculinización del entorno rural (Larrubia & Natera, 2020).

Anteriormente, se ha señalado que las políticas públicas de empleo en el medio rural aparecen en los discursos como un factor que contribuye a la permanencia. Sin embargo, el entramado de las ayudas agrícolas también se señala como contraproducente y negativo, pues sume a la población en el inmovilismo, la desmotivación y el conformismo; es lo que se ha llamado “cultura de la dependencia”. Aspecto señalado en los discursos, especialmente por los empresarios locales, y que está en la línea de lo que distintas investigaciones han puesto de manifiesto (Palenzuela, 1989; Cejudo et al., 2013). El sistema implementado para el problema del desempleo agrario en Andalucía y Extremadura ha conducido a que los trabajadores se hayan acostumbrado a una práctica que, sin sacarlos del círculo de la pobreza, les permite tener un mínimo nivel de consumo. Esto ha generado situaciones adversas tanto a nivel individual, manifestadas en el desinterés por mejorar su situación socio-profesional, como colectivo, porque desincentiva a la iniciativa privada a la hora de invertir (Izcarra, 2007).

La falta de iniciativas destinadas a diversificar y dinamizar el medio rural, junto con la dificultad de encontrar vivienda y de acceder a tierras, está obstaculizando el desarrollo de proyectos a pequeña escala y limitando el asentamiento de nuevos pobladores. A este propósito es muy elocuente el siguiente comentario de uno de los entrevistados: “La única ambición que [se] tiene (...) es los cuatro días que salen al campo y apuntarse al PER (...), tener que dejar el paro (...) y pagar el autónomo para ganar lo que estoy cobrando con las ayudas, ... desisto”. (52 años, hombre, empresario local, municipio de escasa despoblación).

Sin embargo, la terna juventud-formación-mujer es la combinación perfecta para el abandono del medio rural, con alto riesgo de arrastre del resto de los miembros de la unidad familiar. Es muy frecuente que la salida del pueblo se relacione con el proceso de formación de los hijos a partir de ciertas edades. Muchas han sido las respuestas que han vinculado la movilidad territorial de la familia al inicio de los estudios de bachillerato o universitarios de algunos de los hijos (Camarero & Sampedro, 2008), situación que se da con especial énfasis en los municipios más desconectados de las grandes urbes.

Si, como se ha comentado con anterioridad, los lazos familiares enraízan en el territorio, en algunos casos, se produce la situación contraria, al ser los propios padres los que favorecen el proceso de desvinculación de lo rural, animando a sus hijos a que busquen alternativas de vida fuera del territorio y que aspiren a un nivel de vida mejor que el que ellos han tenido. En las entrevistas se destaca el empeño de los progenitores para que su prole acceda a estudios superiores y a todo aquello que ellos no tuvieron: “Mis hijos pueden quedarse, pero si quieren irse no voy a ser yo quien se lo impida”. (64 años, hombre, parado, municipio con despoblación extrema).

La comentada proximidad de las relaciones interpersonales, en otras ocasiones se percibe como un elemento de control social e invasión de la privacidad. Son muchas las entrevistas donde se pone de manifiesto que en estas relaciones se encuentra el germen de muchos conflictos sociales, al traspasarse ciertas barreras. Esta apreciación la manifiesta, especialmente la población joven en los municipios con extrema o alta despoblación.

La vivienda es un factor fundamental a la hora de tomar la decisión del lugar en el que emprender un proyecto de vida autónomo. Si, por una parte, el menor precio de la vivienda y los alquileres y las diferentes características estructurales de las mismas, pueden actuar como fijadores de población, no hay que olvidar que muchas de las zonas en riesgo de despoblación o carecen de viviendas disponibles e incluso de terreno para

promocionarla (especialmente en los pueblos más pequeños y despoblados) o disponen de un parque de vivienda que requiere de profundas reformas para resultar atractivo, como se señala en muchas entrevistas, siendo este un aspecto que condiciona especialmente la permanencia de la población joven: “Hay 50 casas cerradas de gente que murió (...) lo suyo para mover esto de la despoblación sería que los propietarios le dieran facilidades al Ayuntamiento para que compre las casas cerradas y las reforme y las alquile” (26 años, hombre, autónomo, municipio con despoblación extrema).

También se ha señalado que el aumento de la interconectividad entre núcleos rurales ha facilitado el acceso de sus habitantes a determinados bienes y servicios, ampliando sus horizontes laborales. Sin embargo, esto también es identificado como una amenaza para la permanencia en el entorno rural, en el sentido de que la mejora de las infraestructuras viarias ha aumentado los movimientos pendulares de la población, que desarrolla su actividad laboral en el municipio, pero residen en otros (educación, administración pública, etc.): “Antes los profesores venían y vivían aquí, ahora ya no se quedan con el tema de las carreteras tan buenas que tenemos” (52 años, hombre, empresario local, municipio con escasa despoblación).

La escasa digitalización de estos entornos dificulta las posibilidades del teletrabajo y aparece como un hándicap para la permanencia, a pesar de que la pandemia ha obligado a reconfigurar el trabajo en algunos sectores y ocupaciones. Se abre así un nuevo horizonte para el futuro relacionado con el valor que puede aportar el teletrabajo al desarrollo rural.

Por último, la insuficiencia de recursos educativos y culturales, así como de infraestructuras y servicios públicos en el medio rural, es percibida como una desventaja que condiciona la permanencia de la población, especialmente de los jóvenes: “Aquí no hay de “na”, no sólo no hay trabajo, si te surge una compra inesperada no puedes (...) si quieres tener ocio (...) tampoco hay mucho, tienes que coger el coche, y eso también cansa” (36 años, hombre, docente, municipio con alta despoblación)

Tabla 3. Factores y dimensiones de abandono y/o rechazo del medio rural

Factores	Dimensiones
1. Situación económica	a. Limitaciones laborales y formativas <ul style="list-style-type: none"> • Empleos cualificados • Empleos femeninos
2. Políticas públicas	a. “Cultura de la dependencia” b. Escasez de dinamismo social
3. Relaciones interpersonales cercanas	a. Control y conflicto social
3. Recursos materiales	a. Falta de un parque adecuado de viviendas b. Aumento de la interconectividad c. Escasa digitalización d. Insuficiencia recursos educativos, culturales, ocio, recreativas, etc.

Elaboración propia

3.4. Consecuencias y problemas percibidos por los residentes encuestados

Respecto a la percepción y valoración sobre las consecuencias que en sus municipios han generado o están generando los procesos de abandono, la población es consciente de la existencia de ciertos resultados positivos, cuando lo que predominan son los factores de permanencia. Si bien es cierto que los efectos y los problemas generados por la pérdida de efectivos demográficos en los núcleos rurales ha sido, y es, un tema bastante estudiado, tanto desde un punto de vista académico, como desde el marco institucional, son escasos los estudios que han profundizado en cómo los efectos son percibidos por los protagonistas, es decir, por la población que ha decidido permanecer en estos entornos. Y ello es interesante porque pone de relieve, de una forma cualitativa, en qué medida los ciudadanos desean que las administraciones actúen, con el fin de mantener y/o atraer a nuevos habitantes.

La despoblación tiene un importante impacto sobre la calidad de vida de los ciudadanos que permanecen en su entorno. Así lo han manifestado gran parte de los entrevistados, que han destacado la desaparición, en algunos casos, y la reducción de días/horas, en otros, de servicios básicos y dotaciones. Ello lo entienden como un “abandono social” por parte de las instituciones. Son conscientes de que el vaciamiento de sus pueblos está provocando un deterioro de su “estado de bienestar”, puesto que ven desaparecer servicios

relacionados con la educación, la sanidad, la banca, la alimentación, etc., no pudiendo hacer, tampoco, sus ayuntamientos frente a determinados gastos sociales al ver reducidos sus presupuestos. Además, los procesos de despoblación, frecuentemente, van asociados a un incremento del envejecimiento demográfico, lo que genera la demanda de nuevos servicios asistenciales, como los gerontológicos, que hasta hace poco eran escasamente requeridos: “Pues claro al final sabes que si se pierde la población se reducen los servicios, las cajas se irán, por ejemplo, el servicio postal, que es muy importante, pues se reducirá, el servicio médico se reducirá, etc.” (56 años, hombre, político, municipio con alta despoblación). Para los habitantes de los municipios con despoblación, es fundamental que se fomenten los servicios en el ámbito local desde la gestión pública, siendo importante que estos se adapten a las estructuras demográficas que presentan ahora mismo estos ámbitos, donde destaca el envejecimiento y la pérdida de capacidad de remplazo generacional. De hecho, cuando se produce alguna inversión en el pueblo, ello genera un sentimiento de alegría y entusiasmo en los vecinos: “Aquí cuando se abre una tienda es como si fuera navidad, aquí lo celebramos mucho lo animamos, ver como alguien viene al pueblo e invierte” (47 años, mujer, docente, alta despoblación).

Otra de las consecuencias de la pérdida de población es un descenso en el relevo generacional de carácter inmaterial, y, por tanto, de la capacidad de transmisión de tradiciones culturales, gastronómicas, etc. En definitiva, son conscientes de que, en un plazo de tiempo medio, algunos de los usos y costumbres existentes en dichos pueblos corren el riesgo de desaparecer, afectando tanto a lo extraordinario (romerías, festejos, etc.) como a lo más cotidiano (reuniones vecinales). Esta cuestión depende, en gran medida, de la importancia y el compromiso que adquieran sobre ello tanto los residentes permanentes como los estacionales: “Antes a la romería iba todo el pueblo, y pasábamos el día en el campo las familias, hacíamos las migas, (...) pero ahora ya va poca gente. Solo los mayores. Los pocos jóvenes que hay ni van porque no les gusta” (74 años, mujer, viuda, municipio con despoblación extrema).

Los procesos de despoblación pueden generar, en algunos casos, pérdida de patrimonio cultural de carácter material. De hecho, hay ejemplos de ayuntamientos que presentan dificultades para el mantenimiento y la conservación de construcciones que tienen valor patrimonial. La efectividad de los distintos planes nacionales aprobados para salvaguardar el patrimonio tradicional y cultural, como, por ejemplo, el Plan Nacional de Arquitectura Tradicional (2014) o el Plan Nacional de Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial (2015), es relativa cuando los ayuntamientos no pueden hacer frente a los costes que conlleva cualquier obra de rehabilitación o de conservación. Así lo ponen de manifiesto algunos de los entrevistados. A ello hay que añadir un deterioro del parque residencial en aquellos inmuebles que se encuentran abandonados o cerrados, cuestión que también influye en la percepción y valoración de los residentes en cuanto al deterioro que observan del paisaje urbano, especialmente en aquellos que llevan más años residiendo y en los municipios con alto grado de despoblación: “Si te das un paseo, hay muchas casas abandonadas, muchas casas en venta, muchas casas vacías” (45 años, hombre, docente, municipio con alta despoblación), “Y en el centro histórico hay zonas donde no queda nadie y nadie pasa, ni camina” (41 años, mujer, docente, municipio con alta despoblación).

Pero, sin duda, la mayor parte de las consecuencias que se perciben a causa de la despoblación giran en tono a una pérdida de capacidad económica, que incrementa el desempleo de sus habitantes, especialmente los más jóvenes, o en algunos casos, favorece la economía sumergida. La mayor parte de estos núcleos rurales presentan economías poco diversificadas, cuestión que redundó en el abandono de muchos entornos rurales y alimentó el círculo vicioso de la despoblación rural, siendo destacable la conciencia que los habitantes de estos pueblos tienen de ello, pues asiduamente se ha hecho referencia a dicha cuestión. Hay que resaltar también de sus respuestas que han empezado a normalizar “el problema”, mostrando una actitud de resignación frente a dicha situación: “Yo el año pasado tuve 19 cajas de aceitunas y este año solo tengo 5 (...), pues imagínate la diferencia, pues mira a un padre de familia, ahora compras abonos, pagas el agua, pagas los olivos, ¿se costea? No. (45 años, hombre, municipio con alta despoblación).

3.5. Diferencias territoriales en la percepción de la despoblación

Aunque las respuestas de los entrevistados son bastante homogéneas, independientemente del nivel de despoblación de los municipios y de las características socioeconómicas y estructurales de la población, se han podido extraer ciertos rasgos que ponen de manifiesto diferencias perceptivas de los entornos afectados por el problema de la despoblación. En este sentido, se distingue un primer grupo de entrevistados, que coincide mayoritariamente con los residentes en municipios de extrema despoblación, que perciben el despoblamiento

rural como un auténtico problema social que les preocupa en todas sus vertientes, especialmente a la población joven que ve comprometido su futuro laboral y también social, mientras que a las de mediana edad les preocupa el futuro de sus hijos. Ambos colectivos son los que ven su vida más condicionada por todas las carencias inherentes a estos espacios. En los municipios de alta despoblación, los ciudadanos se muestran parcialmente preocupados, porque muchos dependen económicamente del municipio (con frecuencia son empresarios locales y autónomos), siendo, además, los que más valoran los elementos ambientales, sociales y culturales ligados al mantenimiento de la población en el medio rural. Por último, los municipios de escasa despoblación, son los que tienen menos conciencia del problema porque no les afecta de forma tan directa. No obstante, todos ellos reconocen la gravedad de la situación y la necesidad de implementar políticas económicas que frenen el proceso.

Por grupos de edad también se puede valorar cierta heterogeneidad respecto a la percepción de la despoblación rural. La concepción que tienen los jóvenes de lo “rural” está influenciada principalmente por el estado de la economía y los servicios de los municipios rurales. Indudablemente las posibilidades de encontrar vivienda, el acceso a los servicios básicos, son aspectos que pueden inclinar la balanza hacia el medio rural; pero hay que sumar un elemento fundamental para que la juventud decida su permanencia que son sus propias motivaciones, concretadas en la autopercepción de lo que el mundo rural les ofrece. A este respecto, se ha apreciado un cambio más positivo sobre la concepción de la ruralidad en el imaginario social, que oscila entre la tradicional visión negativa del término (asociada al atraso y fracaso) y su reciente resignificación (apoyada en la calidad de vida, sostenibilidad). El reto para la permanencia será que la juventud se decante por la segunda.

En la percepción que posee la población de edades intermedias se aprecian, en líneas generales, posturas contradictorias; por un lado, valoran extraordinariamente la calidad de vida que les proporciona el mundo rural, siendo un elemento de permanencia de primer orden, sobre todo para criar a sus hijos; pero, por otra parte, les preocupan las limitaciones formativas y laborales que puedan tener sus hijos en un futuro, por lo que muchos no descartan el abandono del municipio llegado el momento. En cuanto a las personas ancianas, son quizás las que tienen una conciencia mayor del alcance y significado del problema de la despoblación rural, pues tienen criterios fundamentados de comparación entre la realidad presente y la pasada. Este grupo de personas son las que han tomado la opción de permanecer incondicionalmente en el municipio, manifiestan un sentimiento de arraigo más profundo, no desean abandonar el entorno donde han vivido, donde están sus recuerdos; sus paisanos y su forma de vivir. Este sentimiento de arraigo es muy importante tanto desde el punto de vista individual, para el bienestar de cada persona mayor, como desde el punto de vista social y colectivo puesto que su permanencia en los entornos rurales está contribuyendo a la supervivencia de estas zonas. Pero, esta población se enfrenta a la persistente infradotación de servicios públicos, que condiciona su calidad de vida. Garantizar el cuidado y atención a las personas mayores requiere superar estas desventajas. El desarrollo de los servicios sociales y comunitarios de atención a domicilio constituye un mecanismo esencial para facilitar que las personas mayores, que así lo deseen, puedan seguir viviendo en sus casas.

4. Discusión de resultados

Tras este análisis, uno de los resultados más inquietantes, aunque esperable, es el que hace referencia a la percepción que los entrevistados tienen de la despoblación. Se ha podido comprobar que hay cierta conciencia a asumir que se trata de un proceso que se viene arrastrando desde hace décadas y que, a corto y medio plazo, va a continuar. Una cuestión que ya ha sido tratada por autores como Pinilla y Sáez (2017), Bandrés y Azón (2021) o Recaño (2023), quienes apuntan a consecuencias aún imprevisibles que pueden plantear situaciones de insostenibilidad demográfica. En este contexto, hay parte de los entrevistados que consideran que la situación a la que se ha llegado hace muy difícil poner freno a la despoblación y revertir la tendencia. De hecho, ambos términos, “freno” y “reversión”, se usan con relativa frecuencia en las entrevistas, sobre todo entre el colectivo de los políticos locales que parece que los tienen interiorizados, casi como una jerga propia, en la que también aparecen conceptos como el de la “España vaciada”, acuñado por Del Molino (2016). A veces el posicionamiento al respecto es bastante crítico e incluso de reproche hacia la forma de gestionar este reto demográfico.

En este sentido, se vislumbran dos posicionamientos claros: por una parte, los más optimistas confían en que, con apoyo de las administraciones (se mencionan en un par de ocasiones los fondos Next Generation), se puede transitar hacia una recuperación tan deseable como necesaria; por otra hay quienes se muestran mucho más escépticos y apuntan que es un problema que tiene difícil solución.

Esta cuestión ha sido tratada desde la Sociología, que apoya la idea de que el lugar donde los individuos deciden localizar su lugar de residencia es clave para entender cómo la población puede reaccionar ante algunos cambios que se produzcan en él, por pequeños que sean. También desde la Geografía de la percepción, en relación con los valores que cada individuo asigna a los espacios/lugares conocidos. En este caso, lejos de una visión simplista, las respuestas obtenidas en las entrevistas han confirmado la multidimensionalidad del fenómeno de la despoblación, así como la existencia de distintos modelos perceptivos entre los residentes.

4.1. Sobre los factores demográficos que inciden sobre la despoblación

A partir de los testimonios de los entrevistados, se comprueba que la pérdida de efectivos demográficos es algo más que una mera contabilidad estadística, como apuntan Navarro y Carvajal (2009), ya que genera numerosos inconvenientes y serias dificultades a la hora de poder calibrar, en su justa medida, el escenario social que se genera bajo el paraguas de la despoblación.

En referencia a factores demográficos concretos que determinan la despoblación, se ha podido observar que son muchos y variados los aspectos que los entrevistados esbozan en sus respuestas, dignas, por otra parte, de los más sesudos análisis demográficos. Como es lógico, en este caso las conclusiones a las que llegan no se apoyan en teorías, corroboración de hipótesis, ni datos científicos, son producto de las percepciones personales y de la experiencia directa.

Las argumentaciones apuntadas sobre la despoblación se podrían englobar en tres grandes bloques temáticos: las causas relacionadas con la componente natural del crecimiento de la población; las alusivas a la movilidad migratoria; y otras que, con un sesgo más estructural, se podrían ligar al ciclo vital de la población (envejecimiento, modelos de familia, etc.), siendo a veces difícil de deslindar dichos bloques, pues hay temas que se hibridan. Así ocurre, por ejemplo, con uno de los más profusamente mencionados, el de la emigración juvenil, que podría vincularse tanto a las migraciones como al momento vital de sus protagonistas.

La referencia a la baja fecundidad, como causa de la despoblación, algo apuntado por infinidad de autores (Pinilla & Sáez, 2017; Bandrés & Anzón, 2021), es también una respuesta recurrente de los entrevistados. Se hace incluso una continua alusión a la falta de niños, a sus causas y a la necesidad de que se incentive o fomente el que la gente tenga hijos. El discurso en algunos entrevistados llega incluso a profundizar en disquisiciones como el recurso a las tecnologías de reproducción asistida, habiendo quien entronca el problema con el ciclo vital de las personas.

La despoblación, como no podía ser de otra manera, en alguna que otra ocasión se achaca también a la incidencia de la mortalidad, siendo varios los que aducen que se producen más defunciones que nacimientos, fenómeno ligado, sin lugar a dudas, como subraya por ejemplo Recaño (2020) al proceso de envejecimiento que sufren estos entornos

Resulta curiosa la continua alusión a la natalidad y a la mortalidad como agentes de despoblación, pero son escasas las referencias al matrimonio, quizás porque no se asocia tanto a la merma demográfica, más allá de algún comentario como el de que cuando “algunos se casan se van del pueblo para establecer su residencia en otros lugares”.

Al hablar de las migraciones como causa de la despoblación, muchos entrevistados coinciden en la falta de atractivo de sus pueblos para el asentamiento de la población foránea, achacando dicha causa a múltiples motivos, como la ausencia de servicios, ocio u oportunidades laborales, pero casi todos resaltan, como lo hacen algunas investigaciones (Paredes, 2022; Escribano et al., 2023, González-Leonardo & López, 2021), el hecho de que una de las principales razones es la emigración juvenil. Los jóvenes conforme avanzan en su periplo académico se ven obligados a salir de los pueblos y cuando terminan es muy difícil que vuelvan por la falta de perspectivas laborales. A esta situación se añade un riesgo que propicia y apuntilla la despoblación: “los jóvenes se van (...) y pierden el arraigo”.

Otro tipo de emigración, que hace mella en la despoblación, es el de las personas mayores que se quedan solas y a las que es imposible atender desde lejos, por lo que muchas veces se les hace involuntariamente partícipes de una salida forzada por sus circunstancias familiares, como es el hecho de tener que irse a vivir con algún hijo/a que reside en otro lugar. Frente a ello, también, se hace alusión, en la línea de trabajos como el de Martínez (2005), al efecto llamada que el envejecimiento está provocando sobre la inmigración en muchos de estos entornos, en relación a la dispensa asistencial y al cuidado de ancianos.

Finalmente, un último aspecto que sale a relucir respecto a la emigración, son las continuas alusiones al éxodo rural de los sesenta y a las diferencias con los procesos emigratorios actuales que, como apuntan Dubucs y Mourlane (2017), ni se producen en el mismo contexto, ni están protagonizados por los mismos perfiles sociodemográficos.

En contra de una mayor despoblación, una circunstancia que se aduce, por parte de algunos entrevistados, es la facilidad de acceso a determinadas zonas emergentes como la costa, donde se generan oportunidades laborales para la población que propician movimientos pendulares de ida y vuelta que impiden que la gente se acabe yendo. Ocurre igual con ciertos núcleos industriales y de actividad, por ejemplo, Ubrique, citado por los entrevistados de Prado del Rey, donde las coyunturas económicas de los últimos años y el declive de la marroquinería han determinado que la gente se haya tenido que marchar agravándose el problema de la despoblación.

El contrapeso a estas salidas y movimientos pendulares y su incidencia en la despoblación lo marcan otros dos fenómenos de los que también dan cuenta los entrevistados, el retorno, como reminiscencia del antiguo éxodo rural, y la inmigración, que ha sido el revulsivo de la demografía de muchos municipios en las últimas décadas.

Respecto al primer aspecto, y como han puesto de relieve estudios como el de Egea et al. (2005), las entrevistas evidencian la constatación del proceso en la mayoría de los pueblos, aunque se alude a él diferenciando varias modalidades: la más habitual y referida es el retorno tras una estancia más o menos prolongada de trabajo o tras la jubilación, pero también se habla del retorno de los jóvenes, una vez han terminado su etapa formativa, y de las idas y venidas de los extranjeros en función de las coyunturas económicas. En cualquier caso, los entrevistados no perciben el retorno como una solución al despoblamiento, ya que no es un fenómeno generalizado, sino más bien anecdótico, no siendo conscientes muchos de los residentes de que se constituye como una oportunidad para el desarrollo de nuevos procesos de sostenibilidad demográfica.

Una visión distinta, pero también poliédrica, es la que se ofrece de la inmigración que, de forma general, se ve como un alivio a la situación. En este sentido, como pone de manifiesto Bertuglia et al. (2013), se alude a las ventajas del medio rural, a la atracción que el campo ejerce sobre mucha gente que vive en las ciudades (neorruralismo) y a la mayor asequibilidad de la vivienda y las condiciones de vida.

Si bien no es objeto de la parte abordada de la entrevista, es inevitable la alusión a la COVID-19 y a las expectativas que generó para la revitalización demográfica de muchos pueblos. Sin embargo, la actitud más frecuente ante los inmigrantes, sobre todo hacia determinados extranjeros, es de reserva y recelo. Ello ocurre también con los temporeros que vienen a distintas campañas agrícolas. Esa desconfianza se mantiene y es patente en situaciones que se manifiestan, por ejemplo, en las dificultades que tienen para conseguir una vivienda o para integrarse en las sociedades que les acogen, situación de la que también dan cuenta algunas investigaciones recientes (Garcés & Guell, 2020; Menor, 2011). Afortunadamente, no siempre, prevalece esa visión negativa (Bertuglia et al., 2013).

El tercer pilar que sustenta los comentarios de las entrevistas tiene que ver con aspectos relacionados con el ciclo vital capitalizado, exactamente y en gran medida, con la continua referencia al binomio despoblación-envejecimiento y a su permanente retroalimentación, aspectos frecuentemente tratados por la literatura científica (López, 1991; Requés, 1997; García-Marín & Espejo-Marín, 2019; Larrubia & Natera, 2020). Se hace alusión incluso al doble envejecimiento, por la cúspide y por la base, que se produce en las pirámides de población de estos entornos rurales.

4.2. Sobre los vínculos materiales e inmateriales que inciden en la despoblación

El análisis de las entrevistas sobre los factores en torno a la permanencia y/o abandono del espacio rural, ha permitido corroborar muchos de los aspectos que se recogen en las investigaciones científico-académicas al respecto (González & Camarero, 1999; Sampedro, 2008; Díaz, 2005; Cruz, 2006; Borroera, et al., 2015; Cruz & García, 2020, etc.).

Aparte del factor trabajo y la propiedad de bienes inmuebles, los significados positivos atribuidos a la calidad y al estilo de vida rural afloran constantemente en el discurso de las personas entrevistadas como elemento de arraigo al medio rural en consonancia con los rasgos más reiterativamente señalados en la bibliografía existente, con independencia del grado de despoblación de los municipios y del perfil sociodemográfico de los entrevistados. Esta idea enlaza con lo manifestado en el Informe del Consejo Económico y Social de España

(2018) en el que se indica que “atender y aumentar el nivel de calidad de vida en el medio rural español, puede contribuir de manera eficaz a mejorar la vertebración social y territorial de nuestro país, afrontando los problemas de desempleo, despoblamiento y sobre-envejecimiento que afectan a regiones cada vez más extensas del mismo”. Además, como apunta Cruz (2006), la percepción del empeoramiento de la calidad de vida en las ciudades, debido a su asociación con la inseguridad, la exclusión o la contaminación, entre otros aspectos, es el contrapunto para revalorizar los estilos de vida rurales y propiciar una mayor vinculación con estos entornos.

Lo rural asociado a la naturaleza y a la belleza cumple así una función (González & Camarero, 1999), siendo aspectos que han favorecido la diversificación de la economía rural, el desarrollo sostenible de las áreas rurales (Rodríguez & Solís, 2016), pero también el fortalecimiento de la identidad (Cruz & García, 2020); factores muy relacionados con la experiencia vivida que evidencian la importancia de los aspectos físicos e históricos en su vínculo con el lugar (Hidalgo, 2013). En las entrevistas, la aproximación a la naturaleza, el disfrute del paisaje natural, el desarrollo de actividades al aire libre y las condiciones ambientales han sido una constante.

La valoración de todas las dimensiones sobre el arraigo que se han analizado aparece, a veces, a través de una contraposición entre los aspectos de la vida rural y la urbana, apreciándose cierta desafección hacia lo urbano. Diversos investigadores relacionan este aspecto con el proceso de revalorización de los estilos de vida rurales, propiciando una mayor vinculación con estos entornos (Cruz, 2007; Cruz & García, 2020). Estas respuestas se pueden vincular con una nueva concepción de lo rural que ha surgido a raíz de la pandemia. La literatura en torno al “idilio rural” ha puesto de manifiesto esta nueva valoración que las sociedades otorgan a lo rural (vinculado ahora cada vez menos a nociones como carencia, aislamiento, tosquedad, atraso, aburrimiento y, cada vez más, a calidad de vida, naturaleza, autenticidad, identidad). En este nuevo contexto, como indica Sampedro (2008), “el ser de pueblo” o “el tener pueblo” comienza a ser un activo en la identidad social frente al anonimato urbano, la conexión privilegiada con la naturaleza, etc.; en definitiva, viejas ideas escondidas en nuevas identidades postmodernas.

Un conjunto de valores que, como han puesto de manifiesto otras investigaciones (Hidalgo & Hernández, 2001; Hernández et al., 2007; Scannell & Gifford, 2010) vincula a la población a su pueblo, y genera sentimiento de pertenencia a ese entorno. Vidal et al. (2013) apoyan esta idea afirmando que la comunicación entre vecinos implica un modo de relacionarse con el entorno capaz de producir apego. Resulta sumamente curioso que sea especialmente la población joven la que con más frecuencia realce el valor de lo rural frente a lo urbano, tal y como se corrobora en una encuesta realizada a los jóvenes del medio rural por la “Red Rural Nacional” (2021). Respecto a los factores de repulsión del medio rural, sorprende que a veces coinciden con los vectores de atracción: la familia atrae o empuja a la marcha, la comunidad protege o constriñe, el trabajo afianza o desarraiga, etc. (Díaz, 2005).

Entre los problemas que más preocupan se destacan: los elevados índices de paro o la falta de oportunidades laborales, siendo calificado como una problemática muy grave que se agudiza, especialmente, en relación a la población femenina y cualificada. En esta línea, algunas investigaciones han ofrecido diferentes explicaciones sobre el fenómeno del creciente abandono femenino del medio rural (Díaz, 2005). Junto a la diferente estructura de los mercados de trabajo y la mayor oferta de empleo en el medio urbano, también se apunta a la mayor inclinación femenina hacia la formación que la dirige hacia empleos poco ofertados en los pueblos (Camarero & Oliva Serrano, 2005), o bien, como indica Camarero (2022), que la mayor parte de los empleos locales requieren menor cualificación y no se adaptan al perfil formativo de las nuevas generaciones; poseer estudios universitarios dificulta el regreso al núcleo rural, sobre todo, si prima el deseo de ocupar un puesto de trabajo cualificado y acorde con el ámbito de estudio.

Igualmente, la población femenina menos cualificada encuentra más dificultades que la masculina a la hora de insertarse en el mercado laboral, especialmente en el sector agrario, debido al perfil de los trabajos ofertados. Si bien, como ponen de manifiesto algunos autores (Sánchez, 2017), la actividad agraria se ha mostrado como un sector refugio, aumentando el número de activos como consecuencia del bloqueo que se ha producido en el tradicional trasvase de mano de obra a otros sectores y absorbiendo desempleados en el medio rural.

Las oportunidades que ofrece un territorio son la base para el retorno poblacional. Pero el reto de las áreas rurales está más allá: la carencia de servicios, hoy en día imprescindibles, va en detrimento del simple mantenimiento de su población actual. Conectividad y acceso a servicios resultan fundamentales. La falta de infraestructuras de conectividad y servicios básicos puede ser un obstáculo especialmente para que la población más joven permanezca en el medio rural. Como indica Cruz et al. (2011) en la actualidad para el arraigo poblacional en estos espacios resulta clave el aumento de la movilidad intermunicipal puesto que

ésta favorece la conexión campo-ciudad, facilitando el acceso de los habitantes rurales a determinados bienes y servicios y a distintas actividades laborales. Igualmente, la falta de acceso a internet de alta velocidad puede limitar el acceso de la población a la información o la educación, así como a oportunidades de desarrollo de negocio. Tal y como indica Esparcia (2023), la digitalización en el desarrollo rural puede generar importantes oportunidades para la preservación de la población en el territorio, pero hay que tener en cuenta que una mayor conectividad digital no conduce a la dinamización del medio rural, a menos que se actúe de forma paralela sobre otros factores o palancas de desarrollo.

Por tanto, el equilibrio entre los factores parece ser la clave de cara a la satisfacción en la vida cotidiana en los contextos rurales y para el fortalecimiento del sentimiento de pertenencia (Díaz, 2005) e identificación con el lugar (Cruz & García, 2020).

5. Conclusiones

Los resultados de esta investigación ponen de relieve y evidencian cómo la despoblación rural es percibida por parte de la población residente en los ámbitos que la padecen como un problema grave, en el sentido de que se es consciente que afecta a su nivel de bienestar. Además, se apunta que, en consecuencia, las instituciones políticas deben apoyar y actuar con medidas específicas de acuerdo con la peculiaridad de los territorios.

En este sentido, la primera conclusión obtenida de este estudio señala que la metodología utilizada permite valorar el grado de sensibilización con esta problemática, considerándola como algo más que un asunto estrictamente demográfico, al acarrear implicaciones económicas, sociales y culturales que condicionan el bienestar presente y futuro y la pervivencia de los municipios. Los testimonios de los entrevistados están en la línea de las reflexiones y aportaciones más autorizadas sobre este reto demográfico, aduciendo argumentos sobre las causas de la despoblación como: la influencia del ciclo vital sobre la despoblación, al retraso de la natalidad, las migraciones, el proceso de envejecimiento e incluso plantean cuestiones más profundas, como los problemas que la población flotante y los empadronamientos fantasmas generan sobre las cifras de población. En definitiva, queda comprobado que la población que vive en estos espacios rurales es consciente de que la despoblación es un fenómeno multicausal.

Como segunda conclusión se destaca que, en líneas generales, la población entrevistada tiene una valoración positiva hacia algunos elementos que actúan de anclaje de la población autóctona e incluso como factores de atracción para foráneos. En este sentido, han sido muy reiterativos en las narraciones dos motivos de atracción del medio rural: la tranquilidad que proporciona vivir en un ambiente con pocas personas y la seguridad de dejar salir a los menores a la calle sin vigilancia continua, aunque también destacan la facilidad para encontrar empleos informales y poco cualificados, el menor coste de la vida, las relaciones interpersonales, etc. También destacan aspectos como la naturaleza que rodea a los municipios, el agua, el campo, como algo a lo que se está acostumbrado si vives en un entorno rural pero que desconocen las personas que viven en las ciudades. Si bien, aunque valoren todos estos aspectos positivos del medio rural, consideran que para que estos municipios sigan creciendo o se mantengan son necesarios, como ya se ha apuntado antes, la creación de nuevos puestos de trabajo en el municipio o en su proximidad, que hagan de estos entornos lugares atractivos para la gente joven. La transición digital en estos ámbitos se considera la herramienta precisa para conseguir incrementar tanto la fijación de la población autóctona, como la llegada de nuevos nómadas digitales, que puedan trabajar telemáticamente.

Como tercera conclusión, se afirma que existe una situación de permanente denuncia por parte de la población residente de los déficits y retrocesos en sus territorios, que se evidencian, por ejemplo, en el abandono progresivo de las entidades bancarias, la debilidad de servicios de toda índole (médicos, educativos, transportes público, etc.), el deterioro de las infraestructuras, la falta de oportunidades de empleo, la escasez de inversiones, etc.; aunque también reconocen algunos avances tanto en el ámbito de las telecomunicaciones, aunque falte mucho por hacer, y sobre todo en la presencia mediática y en la concienciación sobre el problema.

En definitiva, hay un convencimiento de que la permanencia de la población en el territorio depende fundamentalmente de la empleabilidad que se genere en estos municipios, pero también en disponer de unos servicios mínimos para satisfacer las necesidades básicas de las familias. Coinciden así con aspectos reiterados en distintas investigaciones que señalan que la lucha contra la despoblación precisa garantizar la plena equiparación de la calidad de los servicios públicos que se prestan, evidentemente adaptando la oferta a las

características territoriales en las que vive esta población. Para ello sería imprescindible, revisar el modelo de financiación de las entidades locales para mejorar el criterio de reparto de fondos, con objeto de que los municipios que sufren la despoblación no salgan perjudicados, tal y como sucede en la actualidad, por tener pocos habitantes. Los procesos de participación ciudadana y asociacionismo pueden ser un buen punto de partida para plantear nuevas medidas que sean propuestas e incentivadas desde los propios residentes. La puesta en marcha de iniciativas de innovación social es, en este caso, una nueva línea sobre la que se debe empezar a trabajar de forma multidisciplinar.

Finalmente, y como cuarta conclusión se afirma que, aunque los resultados obtenidos sientan las bases sobre lo que deben ser nuevas propuestas de actuaciones en dichos territorios, lo cierto que es necesario seguir trabajando en esta línea de investigación. La metodología cualitativa que se ha utilizado da respuesta al objetivo planteado, sin embargo, se considera importante para avanzar en el conocimiento de la percepción que la población tiene sobre los procesos de despoblamiento, introducir nuevos parámetros de estudio, como por ejemplo la realización de entrevistas a aquellos residentes que se han marchado. Esta doble visión permitiría ajustar el grado en el que se vinculan los factores de atracción con los de abandono, lo que favorecería poder diseñar medidas integrales de gestión territorial.

Financiación

Esta investigación ha sido el resultado de un proyecto de investigación financiado por: FEDER/Junta de Andalucía (B-HUM-460-UGR20): *Los territorios rurales andaluces ante la despoblación y envejecimiento. Retos y oportunidades.*

Referencias

- Agnew, J.A. & Duncan, J.S. (Eds.). (1989). *The power of place: Bringing together geographical and sociological imaginations*. Unwin Hyman. <https://doi.org/10.4324/9781315848617>
- Asociación Española de Geografía [AGE] (2018). Manifiesto Abordar el reto demográfico, hacer frente a la despoblación. <https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2018/12/MANIFIESTO-Despoblacion-versi%C3%B3n-ejecutiva-1.pdf>
- Auh, S. & Cook, C. (2009). Quality of community life among rural residents: an integrated model. *Social Indicators Research*, 94(3), 377-389. <https://doi.org/10.1007/s11205-008-9427-0>
- Bandrés, E. & Azón, V. (2021). La despoblación de la España interior. Funcas. Documentos de trabajo y notas técnicas. <https://www.funcas.es/wp-content/uploads/2021/02/La-despoblacion-de-la-Espa%C3%B1a-interior.pdf>
- Bertuglia, A., Sayadi, S., Parra-López, C., & Guarino, A. (2013). El asentamiento de los neorrurales extranjeros en la Alpujarra Granadina: un análisis desde su perspectiva. –*AGER. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, 15, 39-73. <https://doi.org/10.4422/ager.2012.04>
- Berroeta, H., Ramoneda, V., A., Rodríguez, A., Di Massob, A. & Vidal, T. (2015). Apego de lugar, identidad de lugar, sentido de comunidad y participación cívica en personas desplazadas de la ciudad de Chaitén. *Magallania*, 43(3), 51-63. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-22442015000300005>
- Buttimer, A. & Seamon, D. (Eds.). (1980). *The human experience of space and place*. St. Martin's Press.
- Camarero, L. (2022). Los habitantes de los territorios de baja densidad en España. Una lectura de las diferencias urbano-rurales. In E. Moyano (Ed.), *Mediterráneo Económico*, 35. *La España rural: retos y oportunidades de futuro* (pp. 45-66). Cajamar. <https://publicacionescajamar.es/wp-content/uploads/2023/03/mediterraneo-economico-35-la-espana-rural-retos-y-oportunidades-de-futuro.pdf>
- Camarero, L. & Oliva Serrano, J. (2005). Como si no hiciera nada: la naturalización del trabajo invisible rural femenino. *Sociología del trabajo*, 53, 3-30. <https://revistas.ucm.es/index.php/STRA/issue/view/4499/103>
- Camarero, L. & Sampedro, R. (2008). ¿Por qué se van las mujeres? El continuum de movilidad como hipótesis explicativa de la masculinización rural. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas (REIS)*, 124, 73-105. <https://doi.org/10.2307/40184907>
- Camarero, L., Cruz, F., González, M., Pino, J. A., Oliva, J., & Sampedro, G. (2009). *La población rural de España. De los desequilibrios a la sostenibilidad social*. Colección Estudios Sociales, 27. Obra Social Fundación la Caixa.
- Campo, M. (2021). *Estudio de percepción de los avances realizados en la España despoblada desde el 31 de marzo de 2019*. Next educación, Fundación AXA. <https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/bib/175221.do>
- Cebrián, M. (2006). *Los diferentes determinantes de la inmigración latinoamericana en la Europa del Sur*. In Actas del II Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población: La demografía latinoamericana del s. XXI. Desafíos, oportunidades y prioridades. https://files.alapop.org/congreso2/files/pdf/alap_2006_mt01s1_1_03.pdf
- Cejudo, E., Maroto, J.C., & Navarro, F. (2013). El Subsidio de Desempleo Agrario en Andalucía: de limosna de desmovilización campesina a ayuda territorial necesaria. In J.A. Camacho & Y. Jiménez (Eds.), *Desarrollo Regional Sostenible en tiempos de crisis* (Vol. 2, 39, pp. 709-738). Ed. Universidad de Granada.
- Cejudo, E., Navarro, F.A., & Maroto, J.C. (2016). Perceptores del subsidio de desempleo agrario y de la renta agraria en el sur de España: evolución, diferencias territoriales y estructura por edad y sexo. *AGER. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, 20, 33-72. <https://doi.org/10.4422/ager.2015.16>
- Cejudo, E. & Navarro, F.A. (2023). *Despoblación y mundo rural europeo mediterráneo. El caso de Andalucía*. Tirant Humanidades.
- Collantes, F. & Pinilla, V. (2011). *Peaceful surrender: the depopulation of rural Spain in the twentieth century*. Cambridge Scholars Publishing.

- Cortizo, T. (2020). La España vacía de sintagma a geografismo. *Polígonos*, 32, 159-178. <https://doi.org/10.18002/pol.v0i32.6411>
- Consejo Económico y Social de España (2018). El medio rural y su vertebración social territorial. Informe 01/2018. <https://www.ces.es/documents/10180/5182488/Inf0118.pdf>
- Cruz, F. (2006). *Género, psicología y desarrollo rural: la construcción de nuevas identidades*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Cruz, F. (2007). Empoderamiento y sostenibilidad en el desarrollo rural: trampas de la racionalidad productivista. *ANDULI. Revista Andaluza de Ciencias Sociales*, 7, 91-104. <https://idus.us.es/handle/11441/50769>
- Cruz, F., Camarero, L., & Froehlich, J. M. (2011). *Desarrollo rural y sostenibilidad. Estrategias y experiencias en España y Brasil*. Asociación País Románico.
- Cruz, F. & García, A. (2020). Vínculos socioespaciales y liderazgo local: apego al lugar y participación en la iniciativa Bosque Modelo Palencia. *Estudios Geográficos*, 81(289), 1-20. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.202062.062>
- Del Molino, S. (2016). *La España vacía*. Turner Publicaciones. S.L.
- Del Pino, J. A. & Camarero, L. (2017). Despoblamiento rural: imaginarios y realidades. *Soberanía alimentaria, biodiversidad y culturas*, 27, 6-11. https://ddd.uab.cat/pub/sobali/sobali_a2017m1n27/sobali_a2017m1n27p6.pdf
- Del Valle, C. & Almoguera, P. (2020). Envejecimiento demográfico y (des)población en las ciudades medias interiores de Andalucía (2008-2018). *Cuadernos Geográficos*, 59(2), 263-286. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i2.10604>
- Delgado, J. M. & Martínez, L. C. (2014). Importancia de la población flotante en los municipios rurales del interior peninsular. Análisis de la situación en Castilla y León. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 65, 207-229. <https://doi.org/10.21138/bage.1750>
- Díaz, C. (2005). Aproximaciones al arraigo y desarraigo femenino en el medio rural: mujeres jóvenes en busca de una nueva identidad rural. *Papers: Revista de Sociología*, 75, 63-84. <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v75n0.1016>
- Dubucs, H. & Murlane, S. (2017). Les migrations intra-européennes d'hier et aujourd'hui. *Hommes et Migrations*, 1317-1318, 6-14. <https://doi.org/10.4000/hommesmigrations.3863>
- Egea, C., Rodríguez, V., Nieto, J.A., & Jiménez, F. (2005) *La migración de retorno en Andalucía*. Editorial Universidad de Granada.
- Escribano, J., Vercher, N., & Esparcia, J. (2023). Necesidades y demandas insatisfechas de la juventud rural: motor de la despoblación en España. In E. Cejudo & F.A. Navarro (Eds.), *Despoblación y mundo rural europeo mediterráneo. El caso de Andalucía* (pp. 167-188). Tirant Humanidades.
- Esparcia, J. (2021). La despoblación: emergencia y despliegue de políticas públicas en Europa y en España. In Asociación Española de Geografía [AGE]. (Ed.), *Espacios rurales y retos demográficos: una mirada desde los territorios de la despoblación* (pp. 75-149). Asociación Española de Geografía y Universidad de Valladolid.
- Esparcia, J. (2023). *Algunas reflexiones sobre la reducción de la brecha digital entre los territorios rurales*. Fundación de Estudios Rurales. Anuario 2023.
- Federación Española de Municipios y Provincias [FEMP]. (2017). *Listado de medidas para luchar contra la despoblación en España*. Comisión despoblación. <http://femp.femp.es/files/566-2153-archivo/DOCUMENTO%20DE%20ACCI%C3%93N%20Comision%20de%20Despoblacion%209-05-17.pdf>
- Fernández, J.A. (2004). Demografía e inmigración. *Economista*, 22(99), 16-27. <https://privado.cemad.es/revistas/online/Revistas/0099.pdf/117>
- Galletero., B. & Saiz, V. (2022). Despoblación y comunicación, propuestas para abordar un objeto de estudio emergente. *DOXA COMUNICACIÓN: Revista interdisciplinar de estudios de comunicación y ciencias sociales*, 35, 39-57. <https://doi.org/10.31921/doxacom.n35a1507>

- Garcés, B. & Guell, B. (2020). *Temporeros agrícolas en tiempos de pandemia. Nuevas caras de un viejo problema*. Anuario CIDOB de la inmigración, 86-100.
- García-Marín, R. & Espejo-Marín, C. (2019). El círculo vicioso de la despoblación en el medio rural español: Teruel como caso de estudio. *Estudios Geográficos*, 80(286). <https://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/view/747>
- Garrido, M., Rodríguez, J.C., & López, E. (2016). El papel de las ciudades medias de interior en el desarrollo regional: El caso de Andalucía. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 71, 375-395. <https://doi.org/10.21138/bage.2287>
- Gómez-Limón, J.A., Atance, I., & Rico, M. (2007). Percepción pública del problema de la despoblación del medio rural en Castilla y León. *AGER. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, 6, 9-60. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29600601>
- González, J. (Coord.), (2008). *Desarrollo rural sostenible: un nuevo desafío. Ley para el desarrollo sostenible del medio rural*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- González, J.J. & Gómez, C. (2002). *Juventud rural*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Instituto de la Juventud. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=22263>
- González, M.T. & Camarero, L. (1999). Reflexiones sobre el desarrollo rural: las tramoyas de la postmodernidad. *Política y sociedad*, 31, 55-68. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=154554>
- González-Leonardo, M. & López, A. (2021). Del éxodo rural al éxodo interurbano de titulados universitarios. *AGER. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, 31, 7-42. https://ruralager.org/wp-content/uploads/01-Ager-31_2021_def.pdf
- Guattari, F. (1996). *Las tres ecologías*. Pre-texto.
- Hernández, B., Hidalgo, M.C., Salazar-Laplace, M.E., & Hess, S. (2007). Place attachment and place identity in natives and non-natives. *Journal of Environmental Psychology*, 27(4), 310-319. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.06.003>
- Hidalgo, M.C. (2013). Operationalization of place attachment: A consensus proposal. *Studies in Psychology*, 34(3), 251-259. <https://doi.org/10.1174/021093913808295190>
- Hidalgo, M.C. & Hernández, B. (2001). Place attachment: conceptual and empirical questions. *Journal of Environmental Psychology*, 21(3), 273-281. <https://doi.org/10.1006/jenvp.2001.0221>
- Izcarra, S.P. (2007). Subsidio agrario y sociedad rural en Andalucía. *Papers*, 86, 202-225. <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v86n0.818>
- Larrubia, R., Navarro, S. R., & Ocaña, M. C. (2022). El papel de las transferencias sociales en la estabilidad demográfica de los núcleos rurales. A propósito de la provincia de Málaga. *Estudios Geográficos*, 83(293). <https://doi.org/10.3989/estgeogr.2022121.121>
- Larrubia, R. & Natera, J. J. (2020). Envejecimiento y masculinización de la población rural andaluza. En E. Cejudo García & F. A. Navarro Valverde (Eds.), *Despoblación y transformaciones de los territorios rurales: los casos de España, Italia y Francia. Perspective on rural development* (pp. 121-153). Universidad del Salento.
- Lee, E. (1975). Una teoría de las migraciones. In J. Elizaga & J. Macisco (Eds), *Migraciones internas. Teoría, método y factores sociológicos* (pp. 107-127). CELADE.
- López E. (1991). Distribución territorial del envejecimiento de la población andaluza. Implicaciones administrativas y socio-sanitarias. *Estudios Territoriales*, 17, 39-51. <https://doi.org/10.12795/rea.1991.i17.02>
- Martínez, R. (2005) El cuidado de ancianos: un vínculo entre la inmigración y el envejecimiento. *Panorama Social*, 2, 86-97.
- Menor, J. (2011). La movilidad de los inmigrantes temporeros para las campañas agrícolas: el caso de los marroquíes durante la recogida de la aceituna en la provincia de Jaén. In F. J. García, F.J. & K. Kressova, (Coords.), *Actas del I Congreso Internacional sobre Migraciones en Andalucía* (pp. 543-558). Instituto de Migraciones. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4033116>

- Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM). (2009). *Población y Sociedad Rural. Análisis y Prospectiva*. Serie AgrInfo, 12. Subdirección General de Análisis, Prospectiva y Coordinación, Subsecretaría. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/Agrinfo12_tcm30-88390.pdf
- Moreno, D. & Luque, R.M. (2023). La percepción de los habitantes de la comarca del Valle del Guadiato (Sierra Morena, España) sobre el fenómeno de la despoblación. In A. Mulero & M. Rivera (Dir.), *Sierra Morena en la encrucijada. Despoblación, crisis rural y expectativas de desarrollo sostenible* (pp. 85-109). Tirant Humanidades.
- Moyano, E. (2020). Discursos, certezas y algunos mitos sobre la despoblación rural en España. *Panorama Social*, 31, 33-45. <https://www.funcas.es/wp-content/uploads/2020/09/Eduardo-Moyano-Estrada.pdf>
- Natera, J.J. (2015). Más dispersos, pero más excluidos. Análisis de la evolución de la diferenciación y exclusión residenciales de los inmigrantes económicos en Andalucía. *Estudios Geográficos*, 279, 609-632. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201522>
- Navarro, C., Ruiz-Pulpón, A.R., & Velasco, F. (2023). *Despoblación, territorio y gobiernos locales*. Marcial Pons, Ediciones Jurídicas y Sociales. <https://doi.org/10.2307/jj.4908190>
- Navarro, E. & Carvajal, C. (2009). Extranjeros jubilados: ¿Residentes no empadronados o turistas residenciales? Metodología para la cuantificación de la población no empadronada. *Baetica. Estudios de Arte, Geografía e Historia*, 31, 61-90. <http://hdl.handle.net/10630/6522>
- Navarro, F.A., Cejudo, E., & Maroto, J.C. (2012). Aportaciones a la evaluación de los programas de desarrollo rural. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 58, 349-379. <https://doi.org/10.21138/bage.2071>
- Navarro Rodríguez, S.R., Ocaña Ocaña, C., Larrubia Vargas, R. (2012). Inmigración y dinámicas demográficas andaluzas a comienzo del S. XXI. *Estudios Geográficos*, 73(272), 152-162. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.2011205>
- Nieto, A. & Cárdenas, G. (2015). El método Leader como política de desarrollo rural en Extremadura en los últimos 20 años (1991-2013). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 69, 139-162. <https://doi.org/10.21138/bage.189>
- Nieto, J. A. & Capote, A. (2022). Despoblación en Andalucía. Un análisis inframunicipal para descubrir una realidad oculta. In C. Navarro, Á. Ruíz, F. Velasco & J. Castillo (Eds.), *Actas del I Congreso interdisciplinar sobre despoblación* (pp. 57-72). Instituto de Derecho Local de la Universidad Autónoma de Madrid. https://www.idluam.org/blog/wp-content/uploads/2022/12/2022_Actas_Congreso_Despoblacion.pdf
- Nieto, J. A., Capote, A., & Del Valle, C. (2023). Sierra Morena ante el reto demográfico: Tendencias recientes del poblamiento y la despoblación. In A. Mulero Mendigorri & M. Rivera Mateos (Eds.), *Sierra Morena en la encrucijada: despoblación, crisis rural y expectativas de desarrollo sostenible* (pp. 21-44). Tirant Humanidades.
- Palenzuela, P. (1989) Estrategias económicas domésticas de los jornaleros andaluces: salario, subsidio y economía sumergida. *Agricultura y Sociedad*, 50, 75-107
- Peón, D., Martínez-Filgueira, X.M., & Iglesias, E.L. (2020). Productive vs. residential economy: factors behind the recovery of rural areas in socioeconomic decline. *Revista galega de economía*, 29(2), 111-140. <https://doi.org/10.15304/rge.29.2.6744>
- Paredes, R. D. (2022). El dilema entre el éxodo rural, la fuga de cerebros y las condiciones laborales. In M. Fernández & A. Florín (Eds.), *Transición a la democracia y bienestar social* (pp. 465-473). Silex.
- Pinilla, V. & Sáez, L.A. (2017). La despoblación rural en España: Génesis de un problema y políticas innovadoras. *Documentos de Trabajo e Informes del CEDDAR*. <https://www.roldedeestudiosaragoneses.org/producto/la-despoblacion-rural-en-espana-genesis-de-un-problema-y-politicas-innovadoras-rural-depopulation-in-spain-genesis-of-a-problem-and-innovative-policies>
- Proshansky, H., Fabian, A., & Kaminoff, R. (1983). Place-identity: Physical world socialization of the self. *Journal of Environmental Psychology*, 3(1), 57-83. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(83\)80021-8](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(83)80021-8)
- Recaño, J. (2020) La despoblación que no cesa. *Dossieres EsF*. Demografía: cambios en el modelo reproductivo, 36, 39-44


- Recaño, J. (2023). La viabilidad demográfica de la España rural. *Información Comercial Española, ICE: Revista de Economía*, 931, 175-200. <https://revistasice.com/index.php/ICE/article/view/7610/7713>
- Red Rural Nacional (2021). *Resultados de la encuesta realizada a los jóvenes del medio rural*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Red Rural Nacional. <https://redpac.es/sites/default/files/documents/Resultados-encuesta-jovenes-medioural-v2.pdf.pdf>
- Requés, P. (1997). El envejecimiento de la población: una perspectiva geodemográfica. In D. Crespo (Ed.), *El envejecimiento. Un enfoque multidisciplinario* (pp. 1-31). Prous Science.
- Rivera, M.J. (2020). Arraigo de nuevos residentes y revitalización rural: posibilidades u limitaciones de una relación simbiótica. *Panorama Social*, 31, 75-85. <https://www.funcas.es/articulos/arraigo-de-nuevos-residentes-y-revitalizacion-rural-posibilidades-y-limitaciones-de-una-relacion-simbiotica/>
- Rodríguez, A. & Solís, S. (2016). Turismo y patrimonio cultural inmaterial: Alternativa de complementariedad para el desarrollo de los territorios rurales. *Revista Espiga*, 15(2), 169-181. <https://doi.org/10.22458/re.v15i32.1588>
- Sabater, A. & Ajenjo, M. (2005). Catalunya: còmput i distribució territorial d'un fenomen generalitzat. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 46, 63-80. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2031433>
- Sáez, L.A. (2021). Análisis de la Estrategia Nacional frente a la Despoblación en el Reto Demográfico en España. *AGER: Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, 33, 7-34. <https://doi.org/10.4422/ager.2021.18>
- Sáez, L.A., Ayuda, M.I., & Pinilla, L. (2016). Pasividad autonómica y activismo local frente a la despoblación en España: el caso de Aragón analizado desde la Economía Política. *AGER: Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, 21, 11-41. <https://doi.org/10.4422/ager.2016.04>
- Salas, M. L. (2009). *Migración y feminización de la población rural 2000-2005. El caso de Atitanac y La Encarnación, Villanueva, Zac.* Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso
- Sampedro, M. R. (2008). Como ser moderna y de pueblo a la vez: los discursos del arraigo y el desarraigo en las jóvenes rurales. *Revista de Estudios de Juventud*, 83, 179-193. <https://culturayciudadania.cultura.gob.es/dam/jcr:abd1c688-63f3-4805-815c-34b0000c76a3/como-ser-moderna.pdf>
- Sánchez, P. (2017). *La resiliencia de los territorios rurales*. Unión de pequeños agricultores. <https://www.upa.es/upa/noticias-upa/2021/2123/>
- Scannell, L., & Gifford, R. (2010). Defining place attachment: A tripartite organizing framework. *Journal of Environmental Psychology*, 30, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.09.006>
- Vidal, T., Berroera, H., Di Masso, A., Valera, S., & Però, M. (2013). Apego al lugar, identidad de lugar, sentido de comunidad y participación en un contexto de renovación urbana. *Estudios de Psicología*, 34(3), 275-286. <https://doi.org/10.1174/021093913808295172>

Mapeo colaborativo y análisis de la distribución geográfica de la agricultura urbana en Xalapa (Veracruz), México


Collaborative mapping and analysis of the geographical distribution of urban agriculture in Xalapa (Veracruz), Mexico

AUTORÍA

Juan Camilo


Fontalvo-Buelvas 

Escuela Nacional de Estudios Superiores
- Unidad Morelia, Universidad Nacional
Autónoma de México, México.

María Teresa Pulido Silva 

Centro de Investigaciones Biológicas,
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo,
México.

Miguel Ángel Escalona

Aguilar 

Facultad de Ciencias Agrícolas - Zona Xalapa,
Universidad Veracruzana, México.

Ina Falfán 

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

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.27402>

CITACIÓN

Fontalvo-Buelvas, J. C., Pulido Silva, M. T., Escalona Aguilar, M. A., & Falfán, I. (2025). Mapeo colaborativo y análisis de la distribución geográfica de la agricultura urbana en Xalapa (Veracruz), México. *Investigaciones Geográficas*, (83), 155-177. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27402>

CORRESPONDENCIA


María Teresa Pulido Silva (mtpulido@yahoo.com)

HISTORIA

Recibido: 6 abril 2024
Aceptado: 17 julio 2024
Publicado: 23 enero 2025
(Publicación anticipada: 3 octubre 2024)

TÉRMINOS

© 2025 Juan Camilo Fontalvo-Buelvas, María Teresa Pulido Silva, Miguel Ángel Escalona Aguilar, Ina Falfán

 Este trabajo se publica bajo una licencia [Creative Commons de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Resumen

La agricultura urbana (AU) es un fenómeno complejo del cual pocas veces se conoce su geografía y que generalmente opera con huertos aislados, situaciones que dificultan la planificación estratégica de acciones de mejora. El objetivo del presente estudio se centró en mapear las iniciativas de huertos urbanos y analizar su distribución geográfica en el municipio de Xalapa (Veracruz), prototipo de la AU en México. La metodología toma como punto de partida el mapeo colaborativo mediante una plataforma de recolección de datos cartografiables (Ushahidi), que fueron validados, curados y manejados para su análisis en *Quantum Geographic Information System* (QGIS). Los resultados muestran el registro de 160 huertos para la Zona Metropolitana de Xalapa (ZMX), los cuales tienen asociada una comunidad aproximada de 3.263 personas y ocupan una superficie de 205.506 m². La distribución espacial de la AU en el municipio tiende al agrupamiento y se concentró principalmente en la mancha intraurbana. La mayor parte de los huertos urbanos están ubicados en la ciudad de Xalapa-Enríquez, especialmente en colonias con baja y media marginación, sugiriendo que los huertos no están vinculados mayormente a la autosuficiencia alimentaria, sino a causas socioecológicas como reconstrucción del tejido social y la defensa del territorio. La propuesta metodológica puede ser replicable para aproximarnos al fenómeno de la AU en otras ciudades, así como para generar cartografías interactivas para la articulación de redes de colaboración y políticas públicas, aspectos cruciales para la sustentabilidad de la agricultura urbana.

Palabras clave: análisis socioespacial; ciudad; cartografía participativa; huertos urbanos; Ushahidi; Xalapa.

Abstract

Urban agriculture (UA) is a complex phenomenon with a largely unknown geography and which generally operates with isolated orchards, making the strategic planning of improvement actions difficult. The objective of this study is focused on mapping urban garden initiatives and analyzing their geographical distribution in the municipality of Xalapa (Veracruz), a prototype of UA in Mexico. The methodology begins with collaborative mapping through a mappable data collection platform (Ushahidi), which was validated, curated and managed for analysis in QGIS. The results show the registration of 160 vegetable gardens for the Metropolitan Zone

of Xalapa (ZMX), which have an associated community of approximately 3.263 people and occupy an area of 205.506 m². The spatial distribution of UA in the municipality tends to cluster and is mainly concentrated in the intra-urban area. Most of the urban gardens are located in the city of Xalapa-Enríquez, especially in neighborhoods with low and medium marginalization, suggesting that the vegetable gardens are not linked mainly to food self-sufficiency, but to socio-ecological causes such as the reconstruction of the social fabric and defense of the territory. The methodological proposal can be replicated to address the UA phenomenon in other cities, and to generate interactive cartography for the articulation of collaboration networks and public policies, crucial aspects for the sustainability of urban agriculture.

Keywords: socio-spatial analysis; city; participatory cartography; urban gardens; Ushahidi; Xalapa.

1. Introducción

Los territorios urbanos son sistemas complejos en los que confluyen simultáneamente una gran cantidad de fenómenos dinámicos (Aquilué-Junyent & Ruiz-Sánchez, 2021). Dicha complejidad está dada en gran parte por la interacción no lineal y permanente que ocurre entre diversos componentes ciudadanos. Es decir, una base biofísica sobre la cual se sitúa un entramado sociocultural que se sostiene a partir de recursos naturales, edificaciones, infraestructura y servicios, mientras es regulada por normas, leyes e instituciones (Balsa-Barreiro et al., 2022). Esto propicia que el paisaje urbano se encuentre inmerso en constantes procesos de evolución y en muchas ocasiones de involución, con respecto a los ideales del desarrollo sustentable. Lo anterior, ocurre a distintos ritmos espacio-temporales, dependiendo de la reconfiguración permanente de sus componentes (Belmahdi & Djemili, 2022). Por tanto, sin importar el contexto o la latitud, todas las ciudades presentan algunas propiedades emergentes como heterogeneidad, interdependencia y adaptabilidad.

En la actualidad, la mayoría de las ciudades se construyen sobre las bases de la modernidad con modelos que reproducen sociedades mercantilizadas, consumistas, antropocentristas e individualizadas. Los entornos urbanos frecuentemente son hostiles, caóticos y poco inclusivos, porque se diseñan en muchos casos, pensando en los intereses particulares del capital, antes que en el bienestar colectivo. De hecho, la mayoría de los problemas de insostenibilidad de las ciudades modernas guardan una fuerte relación con la falta de planificación urbana integral (Geneletti et al., 2017). En términos generales, los proyectos de ciudades modernas parecieran competir por parecerse cada vez menos a los pueblos rurales, pues, en teoría lo urbano es lo opuesto al campo (Kingman-Garcés & Solo de Zaldívar, 2017). Según la Real Academia Española (2024), una ciudad es “un conjunto de edificios y calles, regidos por un ayuntamiento, cuya población densa y numerosa se dedica por lo común a actividades no agrícolas”. Técnicamente, las zonas urbanas delegan la responsabilidad de producir alimentos a las zonas rurales, lo cual hace que las comunidades ciudadinas generalmente presenten inseguridad alimentaria.

La dicotomía entre el campo y la ciudad es un fenómeno que comenzó a intensificarse a partir del siglo XVIII, tiempos en los que la producción e intercambio de productos no agrícolas de consumo comenzaron a ser la base de la economía. A pesar de esto, las actividades agropecuarias casi siempre han permanecido en las zonas periurbanas de las ciudades en transición con lo rural. Incluso en la actualidad, la agricultura urbana es un fenómeno creciente que se va posicionando en la agenda pública de sustentabilidad de las ciudades, debido a sus beneficios socioecológicos (Yan et al., 2022). En general, la agricultura urbana puede definirse como la práctica de producir alimentos de origen vegetal, animal o fúngico, cerca de las viviendas y edificaciones dentro del paisaje urbanizado (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] et al., 2022). Dependiendo de la cantidad de espacio y los intereses de los horticultores, los huertos urbanos suelen estar compuestos por cultivos de hortalizas y frutales, así como hierbas de olor con usos medicinales y condimenticios, y en algunos casos incluye la cría de animales.

La agricultura urbana ha sido ampliamente estudiada y en las últimas décadas el uso de nuevos paradigmas ha traído consigo una amplia comprensión del fenómeno con novedosas aproximaciones. Por ejemplo, en virtud de plantear una relación ideal entre campo y ciudad, se ha propuesto la noción de Agrópolis para describir regiones urbanizadas que dependen mayoritariamente de las actividades agropecuarias (Mougeot, 2005). Incluso se ha sugerido como un modelo de transición para que ciudades medias y metrópolis se conviertan en regiones con mayor suficiencia alimentaria (Canales & Canales, 2013). Además, se han acuñado términos como “nuevas ruralidades” para describir la complejidad que suponen los límites difusos y profundamente interconectados entre las zonas rurales y urbanas (Ruiz-Rivera & Delgado-Campos, 2008). También han emergido acercamientos teóricos como la “rururbanización”, para hacer referencia a la urbanización de áreas rurales y la ruralización de áreas urbanas, procesos que dan lugar a formas híbridas rural-urbanas (Torres,

2018). En este escenario, los huertos urbanos son un indicador clave sobre la presencia de lo rural en la ciudad o bien, de la resistencia a la urbanización en zonas que antes eran rurales.

En Latinoamérica, África y Asia, la agricultura urbana ha sido implementada principalmente como herramienta para atender problemas de inseguridad alimentaria y nutricional en comunidades vulnerables (Thomas, 2014). No obstante, los huertos urbanos también han sido promovidos como estrategia para combatir el desempleo, la violencia y la falta de cultura ambiental (Hurtado-Valle & Monsalve-Vahos, 2022). Aunque la agricultura urbana es una práctica que se ha ido posicionando en muchas ciudades latinoamericanas, pocas veces se contempla en los procesos de planificación urbana (Contesse et al., 2018). Incluso los huertos urbanos comúnmente son ignorados en los censos gubernamentales y difícilmente son integrados en los planes municipales de desarrollo. En muchos casos las políticas urbanas inhiben las actividades agropecuarias en la ciudad, por cuestiones de salud pública, enfermedades, malos olores y ruido (Aubry & Manouchehri, 2019). Por tanto, sembrar en la ciudad es sinónimo de resistencia y una práctica revolucionaria que se contrapone a la idea moderna de zonas urbanas.

En México ya hay casos particulares de leyes e iniciativas que promueven el ejercicio de la agricultura urbana, aplicadas en espacios como la Ciudad de México, Colima, Jalisco y Baja California. Sin embargo, con frecuencia dichas políticas públicas pueden presentar deficiencias como la carencia de sistemas participativos de gestión que integren a la base social y reconozcan la diversidad de iniciativas, así como las necesidades particulares (Ramírez, 2023). A pesar de que en el Estado de Veracruz estas leyes particulares no se han aplicado, aquí destaca su ciudad capital, Xalapa, al ser una ciudad media mexicana que históricamente ha tenido un vínculo especial con la práctica de cultivar alimentos, siendo un fenómeno que ha ocurrido en gran parte por el trabajo colaborativo de la sociedad civil organizada con la academia. Lo anterior, ha propiciado la construcción de la Red de Agricultura Urbana y Periurbana de Xalapa, la Red de Huertos Educativos y Comunitarios de Xalapa y la Red de Huertos de la Universidad Veracruzana, aunque hasta el momento no se habían mapeado dichos huertos, sus atributos, la cantidad de personas involucradas y su distribución en el territorio.

Esto llevó a preguntarse: ¿qué cantidad de huerto hay en la zona? ¿cómo están distribuidos los huertos en el territorio? ¿a qué tipo de comunidades están asociados? y ¿cómo se puede ayudar a que dichas comunidades se articulen entre sí y ejerzan el escalamiento de las iniciativas? Con respecto a la cantidad de huertos, se parte de la premisa de que en zonas metropolitanas de ciudades medias se espera que haya un número considerable de huertos, debido a que en este tipo de territorios todavía se mantiene un vínculo fuerte entre el municipio capital y los municipios rurales circundantes dedicados mayormente a las actividades agropecuarias (Hernández & Romero, 2021). En cuanto a la distribución, en las ciudades medias se espera que haya más huertos periurbanos que intraurbanos porque en ellas son difusos los límites de lo urbano con lo rural (Ávila-Sánchez, 2019). En relación con las comunidades que implementan los huertos urbanos, se espera que estén asociados a colonias con alta marginación, pues con frecuencia es una práctica desarrollada para favorecer la alimentación de comunidades vulnerables (Malberg-Dyg et al., 2020). Finalmente, se concibió que el mapeo colaborativo podría ser uno de los puntos de partida o mecanismo de apalancamiento para que las iniciativas que se situaran en el territorio, comenzaran a interactuar y trabajar en intereses colectivos (Machado & Camboim, 2019).

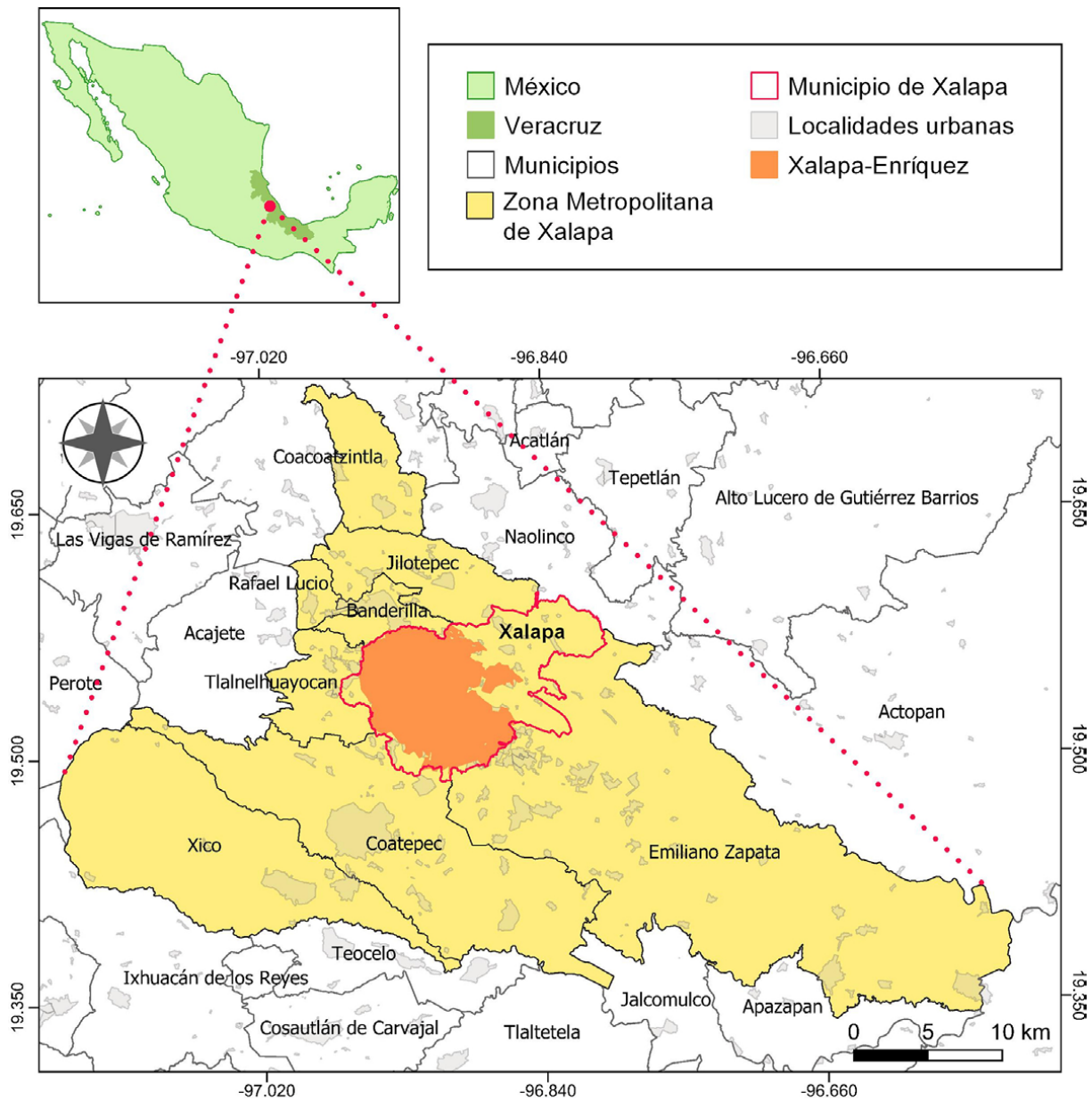
El mapeo consiste en situar geográficamente un conjunto de iniciativas comunes, tratándose de una herramienta clave para visibilizar proyectos y comunicar sus necesidades, por lo que se ha reconocido aún más como un medio para apoyar el cambio social (Cochrane & Corbett, 2020). Con respecto a iniciativas de agricultura urbana, algunos mapeos colaborativos se han hecho a escala mundial (Urban Farming, 2012), nacional, como es el caso de Nueva Zelanda (The Goodies, 2023) y regional para Andalucía y Murcia en España (Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural [CAPADR], 2023; Esteban et al., 2014). También se han georreferenciado colectivamente huertos urbanos en múltiples ciudades como Londres (Sustain, 2023), Madrid (Departamento de Educación Ambiental [DEA], 2017), Río de Janeiro (dos Santos, 2019) y Ciudad de México (Hidalgo-Estrada, 2023). Mapear pareciera ser una práctica relativamente reciente en el ámbito de la agricultura urbana, donde puede ser útil para comprender la magnitud del fenómeno, conocer quiénes están sembrando en la ciudad y pensar en estrategias para su fortalecimiento. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue construir colectivamente una cartografía temática de huertos urbanos y analizar la distribución geográfica en la ciudad de Xalapa (Veracruz, México). Lo anterior, a fin de reflexionar sobre el potencial de articulación de esta herramienta interactiva para los horticultores, así como discutir sobre el alcance que podría tener para asuntos de políticas públicas y planificación urbana.

2. Metodología

2.1. Área de estudio

Este trabajo de investigación estuvo centrado en las áreas urbanizadas del municipio de Xalapa, donde su localidad principal y con mayor grado de urbanización es Xalapa-Enríquez, ciudad capital del estado de Veracruz en México (Figura 1). Dicho municipio tiene una extensión de 124,4 km² y presenta una topografía irregular y accidentes de poca elevación, con una altitud que varía desde los 1.250 hasta los 1.560 m.s.n.m. (Instituto Nacional de Geografía y Estadística [INEGI], 2013; Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2019). Xalapa se encuentra en una zona de transición climática, esto se manifiesta en un clima templado hacia el noroeste y un clima semi cálido al sureste. Según la clasificación de Köppen y Geiger, Xalapa se categoriza como cálido y templado (Cfb), y tiene una temperatura media anual de 19 °C, con 1.591 mm de precipitación (INEGI, 2013).

Figura 1. Mapa de localización de la ciudad de Xalapa-Enríquez, área de estudio



Fuente: INEGI (2021). Elaboración propia

Según el censo de INEGI (2020), el municipio de Xalapa cuenta con una población de 488.531 habitantes, de los cuales el 37,6 % está en situación de pobreza (169.722 personas) y cerca de 127.623 personas son vulnerables por carencia social, es decir, falta de acceso a educación, salud, alimentación y vivienda digna.

En este sentido, una de las principales problemáticas que hay en la zona es la fuerte tendencia hacia la inseguridad alimentaria y nutricional, debido a la falta de acceso y disponibilidad de alimentos (Godínez-García et al., 2019). De acuerdo con los Censos Económicos de 2014, las principales actividades económicas del municipio son las actividades terciarias (Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz, 2014). Dicho municipio tiene un alto índice de urbanización (97,9 %), con 2.729 viviendas/km² y una densidad urbana de 9.453 habitantes/km² (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores [INFONAVIT] & Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [ONU-HÁBITAT], 2018).

En este punto, es importante precisar que aunque inicialmente el estudio estuvo enfocado en el territorio urbanizado del municipio de Xalapa, los métodos propiciaron un mayor alcance hasta contemplar parcialmente la denominada Zona Metropolitana de Xalapa (ZMX), formada por nueve municipios ubicados en el centro del estado de Veracruz (México). En México, las zonas metropolitanas son áreas geográficas estratégicamente funcionales que se definen como el grupo de municipios o ciudades que interactúan fuertemente entre sí, normalmente en torno a un núcleo ciudad (Secretaría de Desarrollo Social et al., 2004). En este caso, la ZMX está integrada por nueve municipios contiguos y abarca 867 km² de superficie; además, según el último censo, cuenta con 789.157 habitantes, mientras que su densidad urbana es de 768,8 habitantes/km² (INEGI, 2020).

2.2. Estrategia metodológica

Dada la naturaleza y carácter descriptivo del presente estudio, lo que se busca es señalar y especificar los rasgos que caracterizan un fenómeno socioecológico complejo como lo es la agricultura urbana. Para ello, se ha construido una estrategia metodológica que articula seis etapas (Figura 2). Esta serie de procedimientos permitieron secuencialmente obtener distintos insumos clave como formularios diferenciados y datos útiles para construir una cartografía interactiva que posteriormente fue analizada para comprender los atributos y la distribución geográfica de los huertos urbanos en tres escalas geográficas que de mayor a menor son: Zona Metropolitana de Xalapa, municipio de Xalapa y ciudad de Xalapa-Enríquez.

Figura 2. Representación del proceso metodológico



Elaboración propia

2.2.1. Preparación de la plataforma para la recopilación de datos

La recopilación de los datos sobre los huertos urbanos se realizó a través de la plataforma Ushahidi, un software libre de mapeo georreferenciado que se basa en la colaboración. Este software libre permite acopiar datos

mediante formularios virtuales y construir colectivamente cartografías temáticas de acceso público (Okolloh, 2009). Dicha plataforma realiza automáticamente la interpolación lineal de las coordenadas recopiladas con una base cartográfica digital de ejes de calles proporcionada por *Mapbox* y *OpenStreetMap*, permitiendo la transformación de las ubicaciones en entidades geográficas con atributos. En este caso, se diseñaron cuatro formularios para recabar datos clave sobre cada categoría de huerto (Tabla 1). A partir de esto se generaron fichas técnicas para cada huerto registrado, las cuales están disponibles en el mapa interactivo.

En este estudio, se tuvieron en cuenta las siguientes definiciones para cada categoría de huerto, (1) Casero: ubicado principalmente en domicilios propios, rentados o sitios de acceso público que han sido apropiados y que son manejados por una persona o varios miembros de una sola familia que ocupa de forma permanente o temporal el sitio; (2) Vecinal: situados mayormente en espacios públicos (parques), sitios de acceso público que han sido apropiados o domicilios particulares y que son manejados por varios vecinos, amigos o colectivos que ocupan de forma permanente o temporal el sitio; (3) Educativo: ubicado en instituciones educativas que prestan servicios formativos de educación básica, media superior y/o superior y que son manejados por uno o varios miembros de la comunidad educativa, es decir, directivos, docentes, estudiantes y/o familiares; (4) "Otros": ubicados en dependencias gubernamentales con acceso público, asociaciones o negocios particulares con acceso privado y que son manejados por grupos de empleados, organización familiar o individual.

Tabla 1. Información solicitada para el mapeo de la agricultura urbana

Atributo	Descripción
Nombre	Nombre del huerto
Categoría de huerto	Casero (familiar), vecinal (comunitario), educativo (escolares y universitarios), otros (gobierno, restaurantes, asociaciones, etc.).
Institución	Nombre de la institución de adscripción (Sólo para educativos y "otros")
Tipo de huerto	Blando (en el suelo), duro (en contenedores), mixto (en suelo y contenedores).
Tamaño	Dimensiones en metros cuadrados
Especies cultivadas	Nombres de plantas frecuentemente cultivadas
Principales necesidades	Organizativas (roles, responsabilidades, etc.), saberes y prácticas (siembra, beneficiado de semillas, reproducción de plantas, etc.), herramientas (tijeras, biello, machete, azadón, etc.), materiales (manuales, infografías, etc.), insumos (abonos, semillas, plántulas, etc.), económicas (fuentes de financiamiento), administrativas (institucionalización, políticas públicas).
Participantes	Número de personas por sexo que colaboran en el huerto
Antigüedad	Años
Ubicación	Municipio, colonia y coordenadas geográficas
Imagen	Fotografía con vista completa del huerto
Contacto	Correo, teléfono y redes sociales

Las fichas de los huertos asociadas al mapa se encuentran en el siguiente enlace: <https://huertosxalapa.ushahidi.io/>

Elaboración propia

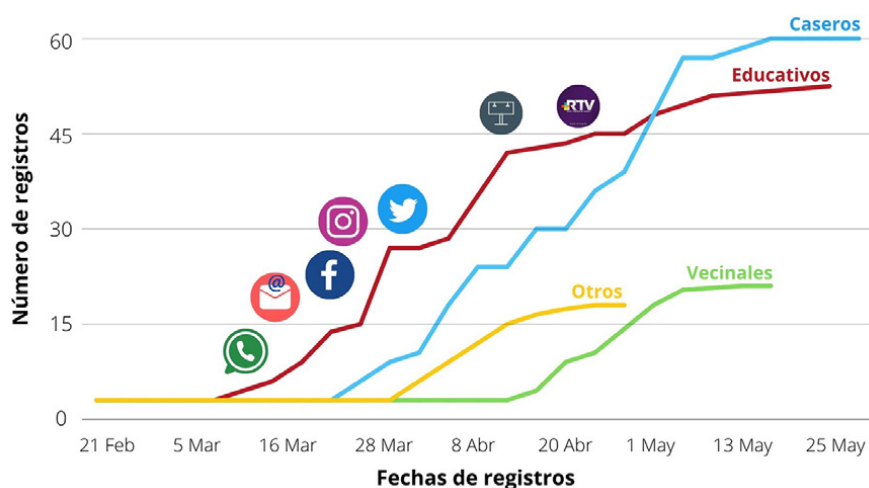
Antes de su difusión pública, se hizo una prueba piloto a partir de un muestreo por conveniencia en el que se seleccionaron a dos personas por cada tipo de huerto para que registraran sus huertos y ofrecieran comentarios sobre el formulario y la plataforma. A partir de la retroalimentación recibida, se diseñó un instructivo de registro con indicaciones paso a paso, así como un aviso de privacidad sobre el uso de datos.

2.2.2. Estrategia de difusión

Después de realizar los ajustes pertinentes, los formularios fueron difundidos de manera escalonada y permanente entre marzo y mayo de 2023 mediante canales digitales y físicos tales como: a) correo electrónico enviado por la Secretaría de Educación de Veracruz (SEV) a todas las escuelas de educación básica de la ZMX; b) mensajes directos a personas y grupos de huerteros en WhatsApp; c) publicaciones y sesiones en vivo por medio del grupo en Facebook de la Red de Agricultura Urbana y Periurbana de Xalapa; d) publicaciones de colectividades e instituciones gubernamentales en sus redes sociales oficiales de Facebook, Instagram y Twitter; e) infografías con códigos QR de cada formulario en carteleras físicas en el centro de la ciudad; f) videocápsula en Radio Televisión de Veracruz (RTV); y g) prensa digital.

La estrategia integral de difusión mediante múltiples canales permitió el registro continuo de las principales iniciativas de huertos urbanos en la zona (Figura 3). El mapeo de huertos educativos se facilitó gracias a la invitación directa hecha por la Secretaría de Educación de Veracruz y se completó con la visita técnica a escuelas con huertos educativos que participaron en 2022 en el proyecto *CityAdapt* de Naciones Unidas. En cuanto a huertos caseros, la mayor respuesta de registros se obtuvo cuando se difundió a través del grupo en Facebook de la Red de Agricultura Urbana y Periurbana de Xalapa, una comunidad de aprendizaje que se mantiene muy activa. La mayoría de los huertos vecinales o comunitarios fueron registrados de manera escalonada y en gran parte asistida mediante visitas técnicas que se hicieron a cada uno de ellos en distintas zonas de la ciudad. Finalmente, los otros tipos de huertos (gobierno, asociaciones, restaurantes, etc.) fueron cubiertos rápidamente en las primeras fases del proceso de difusión.

Figura 3. Seguimiento de la difusión y registro de huertos para el mapeo de la agricultura urbana en la Zona Metropolitana de Xalapa



Elaboración propia

2.2.3. Validación, curación y manejo de datos

A medida que se fueron recibiendo los registros, estos pasaron por un proceso de revisión manual para corregir imprecisiones ortográficas, inconsistencias técnicas y eliminar duplicados. Adicionalmente, todos los huertos educativos, vecinales y los denominados como otros fueron visitados para validar la información proporcionada; en el caso de los huertos caseros, algunos fueron visitados (61,53 %) y otros contactados telefónicamente (23,07 %). Seguidamente, la información fue exportada a tablas de Microsoft Excel (versión 2019) para continuar con la curación de los datos y convertir las coordenadas junto con los atributos asociados a los huertos a formato KMZ (*Keyhole Markup language Zipped*, por sus siglas en inglés). Posteriormente, en Google Earth Pro (versión 2022) las ubicaciones exactas fueron calibradas gracias a las imágenes satelitales que proporciona dicho software. Finalmente, el archivo KMZ ajustado se importó en QGIS (versión 3.32.3) para convertirlo en *shapefile*, el formato vectorial que permitió construir la capa de tipo puntos y asociarla con la cartografía del municipio de Xalapa.

2.2.4. Análisis estadísticos para atributos de huertos urbanos en la ZMX

Los datos de tamaño, antigüedad y número de participantes de 160 huertos urbanos de la ZMX, se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, con el fin de probar la variación entre las cuatro categorías de huertos. Luego, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Dunn para determinar qué medias específicas eran significativas respecto de las demás. En el caso de los datos de tipo de huerto (duro, blando y mixto), se utilizaron las pruebas estadísticas Chi-cuadrado de Pearson y la prueba a posteriori de Residuos Ajustados de Haberman (1973) para identificar dónde se presentan las diferencias entre las distribuciones (frecuencias) de estos huertos. Dichos análisis se realizaron utilizando Microsoft Excel (v. 2019) y el software Past (versión 4.03).

2.2.5. Análisis espacial de huertos urbanos en el municipio de Xalapa

Se contabilizaron manualmente los 136 huertos urbanos presentes en áreas intra y peri-urbanas del municipio de Xalapa, según la delimitación espacial propuesta por MacGregor-Fors (2010). Además, se realizó

la prueba de Análisis de vecinos más próximos en QGIS (versión 3.16.11-Hannover), a fin de comprender el patrón de distribución espacial de los huertos a través de la relación entre la distancia media observada y la distancia media esperada entre cada huerto registrado.

2.2.6. Análisis socioespacial de huertos urbanos en la ciudad de Xalapa-Enríquez

El análisis de la distribución geográfica se realizó en QGIS únicamente para 129 huertos urbanos localizados dentro de las colonias de la ciudad de Xalapa-Enríquez. Se utilizó el Índice de Marginación por Colonias (IMC) proporcionado por el Consejo Nacional de Población con datos del Censo de Población y Vivienda (2021). Este índice presenta cinco niveles y distintos porcentajes de área para Xalapa como se muestra a continuación: muy bajo (1,56 % de la ciudad), bajo (48,70 %), medio (20,51 %), alto (8,75 %) y muy alto (20,48 %). También se calculó la cantidad de huertos esperados por IMC, multiplicando el total de huertos (129) por el porcentaje de área que representa cada categoría del IMC. Para poner a prueba la relación entre la ubicación de los huertos y los niveles de marginación, se realizó una prueba estadística de Chi-cuadrado tomando el total de huertos por nivel de marginación. En el caso de las correlaciones de IMC con las categorías de huertos, así como IMC con los rangos de número de huertos por colonia, se hicieron pruebas exactas de Fisher en R versión 4.3.2; especialmente porque no se cumplieron los supuestos para la Chi-cuadrado (con ninguna casilla con un valor esperado menor que 1 y no más del 20 % de casillas con valores esperados menores de 5).

3. Resultados

3.1. Características de los huertos urbanos en la Zona Metropolitana de Xalapa

Aunque el mapeo de la agricultura urbana estuvo dirigido inicialmente para la ciudad de Xalapa-Enríquez, los procesos de difusión llegaron a todo el municipio de Xalapa e incluso a otros municipios aledaños que pertenecen a la Zona Metropolitana de Xalapa (ZMX). En cifras, se registraron 160 huertos urbanos para la ZMX, de los cuales 136 (85 %) pertenecen al municipio de Xalapa, mientras que 25 (15 %) fueron registrados para Coatepec, Emiliano Zapata, Xico, Tlalnelhuayocan y Coacoatzintla. Las únicas alcaldías de la ZMX que no registraron huertos fueron Banderilla, Rafael Lucio y Jilotepec (Tabla 2).

Tabla 2. Principales características de los huertos registrados en municipios de la ZMX

Municipios de la ZMX	Área de huertos (m ²)	No. de personas	Frecuencias por categorías de huertos urbanos				Total
			Educativos	Caseros	Vecinales	Otros	
Xalapa	198.251	2.474	43	52	26	15	136
Coatepec	4.183	493	5	2	1	1	9
Emiliano Zapata	2.330	92	1	4	0	1	6
Xico	222	152	5	0	0	0	5
Tlalnelhuayocan	370	17	0	1	0	1	2
Coacoatzintla	150	35	1	1	0	0	2
Total	205.506	3.263	55	60	27	18	160

El número de personas corresponde a los participantes que colaboran en los huertos. Elaboración propia

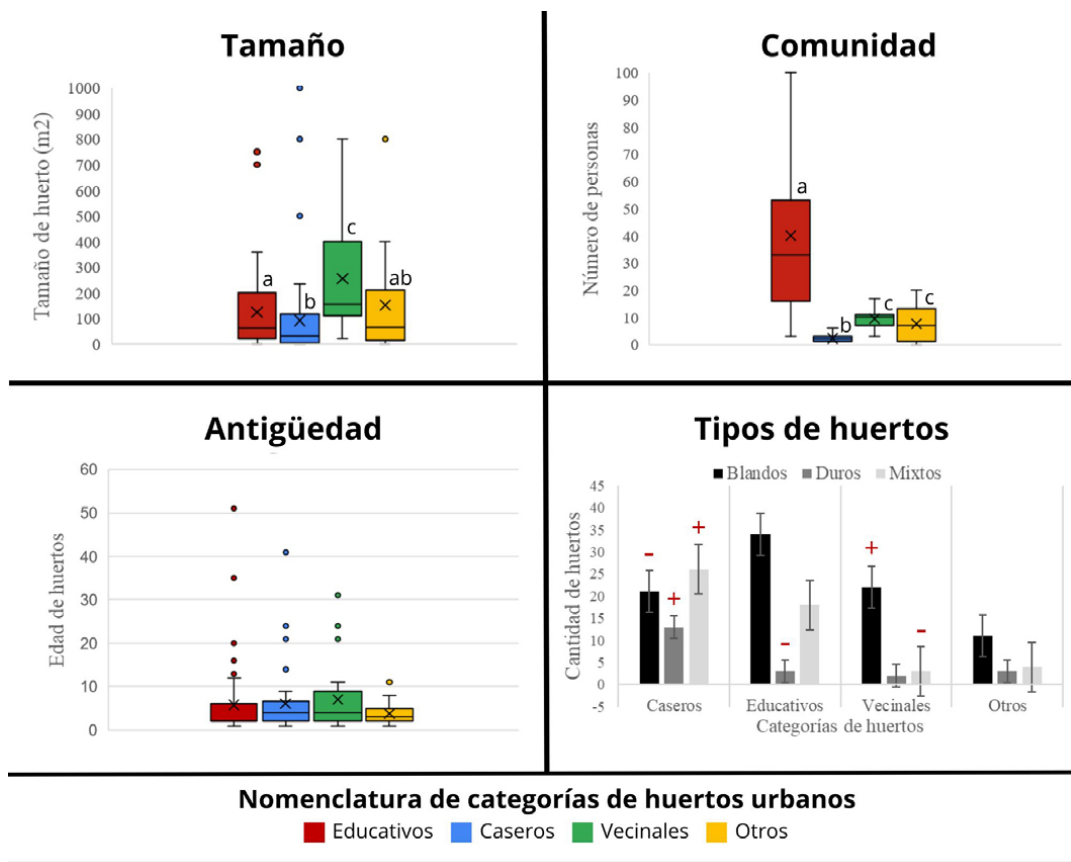
Los principales atributos como tamaño, comunidad, antigüedad y tipo de huertos fueron descritos y graficados para la agricultura urbana en la ZMX (Figura 4). El área que ocupa dicho fenómeno es de 205.506 m², con huertos que presentan tamaños desde 1 m² en zonas intraurbanas hasta 1.400 m² en colonias periurbanas. Hubo diferencias estadísticamente significativas en el tamaño del huerto según su tipología (ANOVA: $F = 5.33$, $p = 0.001$). Así, los de mayor tamaño fueron los vecinales (entre 210 y 400 m²), seguido por los educativos (entre 73 y 200 m²) y los caseros (desde los 25 hasta los 109 m²). Finalmente, los huertos de la categoría "otros" presentaron superficies entre 60 y 180 m², mostrando similitudes sólo con los educativos y caseros, pero no con los vecinales.

La comunidad involucrada en la agricultura urbana está conformada por 3.263 personas, donde el 69,30 % son mujeres y el 30,70 % hombres. Los huertos educativos conglomeran el 86,10 % de la comunidad de personas que desarrolla la agricultura urbana en la ZMX, representados en gran medida por estudiantes, docentes

y familiares. La comunidad asociada a la agricultura urbana mostró variaciones entre las distintas categorías de huertos (ANOVA: $F= 50.24$, $p = <0.05$). Los huertos educativos están conformados en promedio por la agrupación de 47 personas y mostraron diferencias significativas con respecto a las demás categorías. Como era de esperarse, los huertos caseros vinculados a núcleos familiares están integrados generalmente por dos personas, por lo que su cantidad es marcadamente diferente a la de las otras categorías. En un plano intermedio, los huertos vecinales y otros, con frecuencia se componen de diez y siete personas, respectivamente; lo cual hace que sean similares entre sí y significativamente diferentes con los huertos educativos y caseros.

Con respecto a la antigüedad de los huertos mapeados, las iniciativas más longevas (2,50 %) se distribuyen entre 1987 y 1993, se trata de dos huertos educativos, uno casero y otro vecinal. Por otro lado, el 7,60 % de los huertos fueron construidos en la década del 2000 al 2010, mientras que el 23,13 % está asociado al periodo comprendido entre 2011 y 2019. Por último, la mayor concentración de huertos (66,87 %) registrados fueron fundados durante las épocas de la pandemia y post-pandemia (2020-2023). No se encontraron diferencias significativas entre los tipos de huertos según su antigüedad (ANOVA: $F= 0.67$, $p = 0.56$).

Figura 4. Tipo de huerto, tamaño, fundación, y comunidad involucrada en la agricultura urbana en la Zona Metropolitana de Xalapa



Los símbolos (+) y (-) muestran excedentes o faltantes de ese tipo de huerto según la prueba de residuos ajustados de Haberman.

Elaboración propia

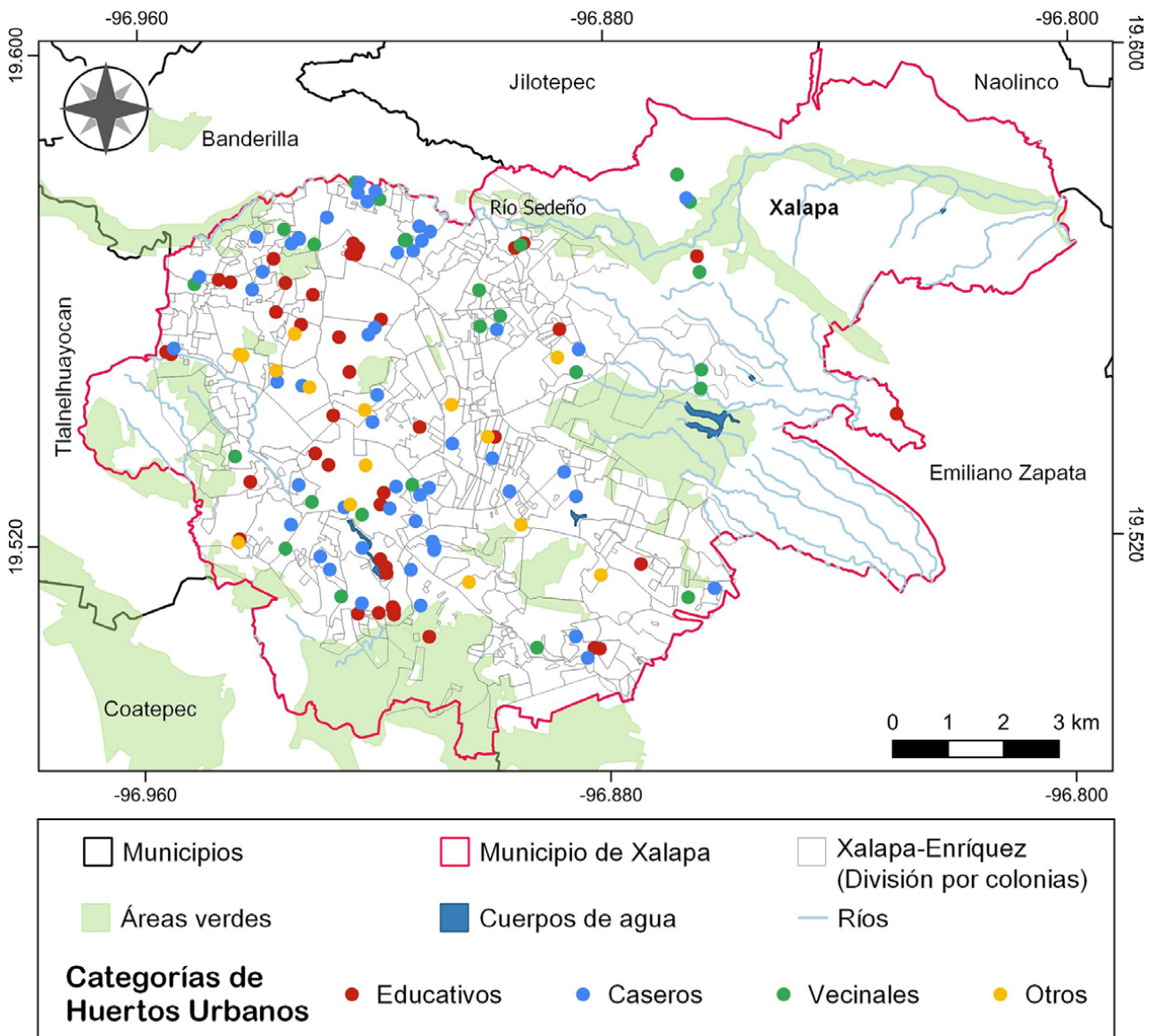
Por otro lado, el número de huertos de tipo blando, duro y mixto, varían significativamente entre las categorías de huertos ($\chi^2 = 21.70$, $df = 6$, $p < 0.05$). El 55 % de los huertos mapeados son cultivados directamente en el suelo (blandos), el 13,13 % son establecidos en macetas y muebles de siembra (duros), mientras que el 31,87 % combinan las dos variantes (mixtos). Según la prueba de Haberman, las categorías con excedentes son los huertos vecinales blandos, así como los huertos caseros duros y mixtos; mientras que las categorías con faltantes son los huertos caseros blandos, educativos duros y vecinales mixtos. Usualmente, los huertos educativos son blandos y mixtos, con algunos pocos casos de cultivos netamente en duro que están ubicados en la densa mancha urbana del centro de Xalapa. Los huertos vecinales son en su mayoría blandos, instalados principalmente en áreas verdes, parques y otros espacios con suficiente suelo descubierto para sembrar, con sólo un caso de huerto duro y tres mixtos. Los huertos caseros son en gran medida de tipo mixto, todavía con predominancia de blandos sobre duros, lo cual está condicionado por la disponibilidad de suelo sin sellar en patios y jardines privados. Con respecto a la categoría de otros huertos, predominan

los de tipo blando, ya que se encuentran en instituciones y asociaciones con disponibilidad de área verde; aunque también hay mixtos y duros en restaurantes y dependencias gubernamentales.

3.2. Análisis espacial de huertos urbanos en el municipio de Xalapa

De acuerdo con los resultados la prueba de Análisis de vecinos más próximos (QGIS), la distribución de los 136 huertos urbanos del municipio de Xalapa tiende significativamente al agrupamiento (Figura 5). Esto se encuentra dado porque la distancia media esperada fue de 405,42 m y la distancia media observada entre los huertos fue de 299,18 m, con un índice de vecinos más cercanos de 0,738 ($z = -5.694$; $p < 0.0001$). El 89,93 % de los huertos se ubican en la zona intra urbana de Xalapa, mientras que el 10,07 % están presentes en la zona peri-urbana. Su concentración forma un eje transversal que atraviesa desde las colonias del norte que limitan con Banderilla, hasta las colonias del sur en los límites con Coatepec.

Figura 5. Ubicación de los huertos urbanos por categorías registrados en el municipio de Xalapa



Fuente: INEGI (2019, 2021), CONAPO (2021), SEDEMA (2024). Elaboración propia

3.3. Análisis socioespacial de huertos urbanos en la ciudad de Xalapa-Enríquez

Las concentraciones de los 129 huertos urbanos en la ciudad de Xalapa-Enríquez ocurren en colonias como Zona Centro (12 huertos), Revolución (9), Zona Universitaria (7), y Lucas Martín (5). En general, de las 449 colonias que conforman el área de estudio (con datos de CONAPO, 2021), sólo 73 colonias tienen

registrado al menos un huerto. Por otro lado, la distribución del número de huertos por cada nivel de marginación es uniforme entre las distintas categorías de huertos (Prueba exacta de Fisher $p = 0.19$) (Tabla 3). Independientemente de la categoría de huerto, la mayoría de estos se distribuyeron en colonias urbanas con media (22,48 %), baja (53,48 %) y muy baja marginación (14,72 %). Lo anterior, pareciera sugerir que en estos niveles de marginación se encuentran la mayor parte de los huertos urbanos. Además, al compararlo con el área de la ciudad representada por cada nivel de marginación, se apreció que para las colonias de alta, media y baja marginación la cantidad de huertos es proporcional a lo esperado (Tabla 4). En contraste, los huertos registrados en colonias con muy alta y muy baja marginación, difieren significativamente del valor esperado según el área que ocupan dichos niveles ($\chi^2 = 184,91$, $df = 4$, $p < 0.05$).

Tabla 3. Relación entre categorías de huertos urbanos e índices de marginalidad por colonias en la ciudad de Xalapa-Enríquez

Categorías de huertos urbanos	Frecuencia de huertos por categorías del Índice de Marginación					Total
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	
Educativos	0	3	10	26	2	41
Caseros	1	4	10	24	12	51
Vecinales	1	3	7	9	2	22
Otros	0	0	2	10	3	15
Huertos observados	2	10	29	69	19	129

Elaboración propia

Tabla 4. Relación entre el número de huertos urbanos registrados en la misma colonia y los niveles de marginación en la ciudad de Xalapa-Enríquez

Variables	Categorías de Índice de Marginación (IMC)					Total
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	
Superficie IMC	20,48 %	8,75 %	20,56 %	48,70 %	1,56 %	
Huertos observados	2	10	29	69	19	129
Huertos esperados	24	11,28	26,45	62,82	2	

Elaboración propia

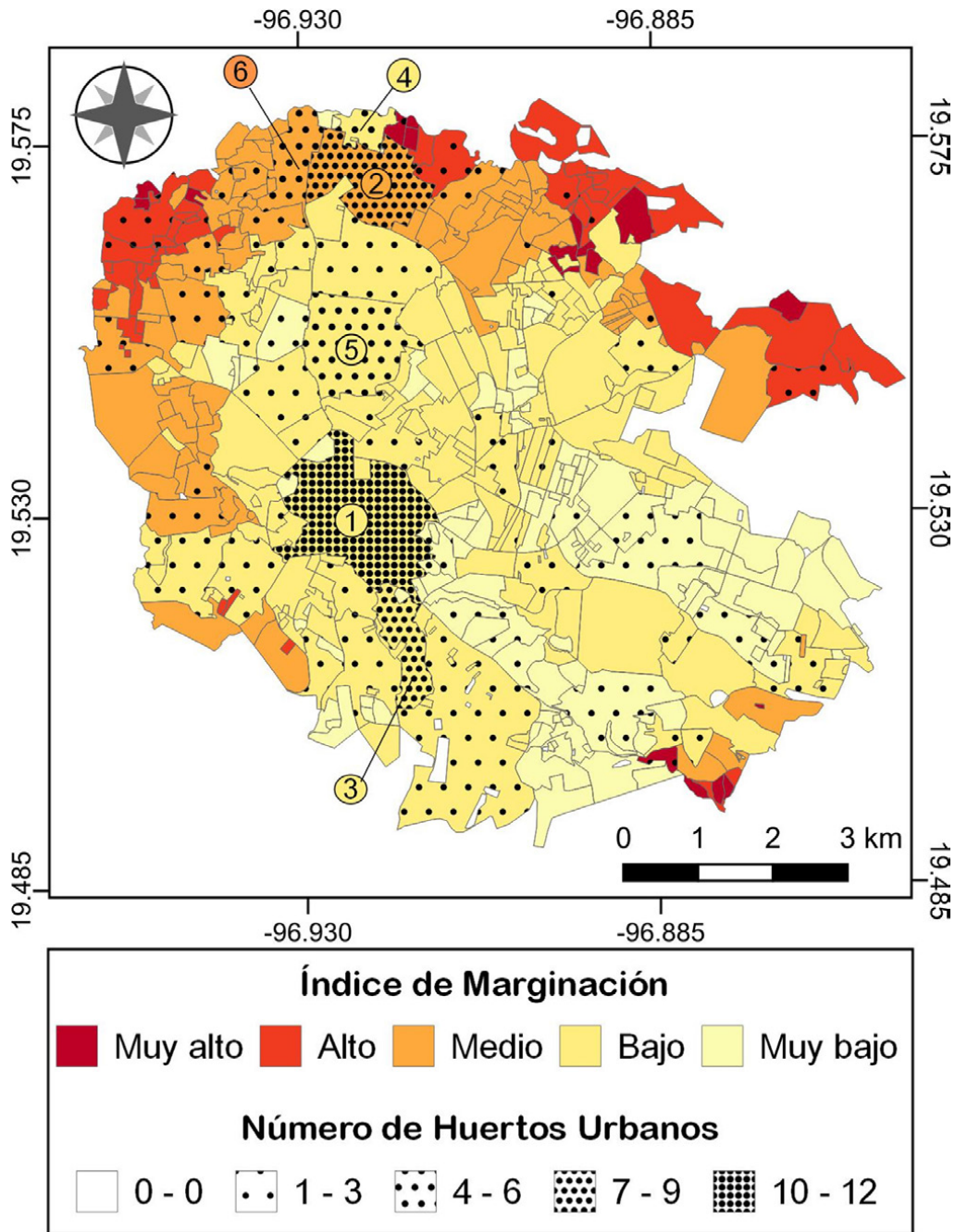
Por otro lado, se encontró una relación significativa entre el número de huertos urbanos registrados en la misma colonia con los niveles de marginación en Xalapa (Prueba exacta de Fisher $p < 0,001$). La relación es significativa principalmente porque no hay cuatro huertos o más en colonias que no sean de medio y bajo nivel de marginación (Tabla 5, Figura 6).

Tabla 5. Relación entre el número de huertos urbanos registrados en la misma colonia y los niveles de marginación en la ciudad de Xalapa-Enríquez

Rangos de número de huertos	Frecuencia de huertos por categorías del Índice de Marginación					Total
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	
1-3	2	10	16	41	19	88
4-6	0	0	4	9	0	13
7-9	0	0	9	7	0	16
10-12	0	0	0	12	0	12
Total	2	10	29	69	19	129

Elaboración propia

Figura 6. Relación del número de huertos urbanos registrados y de los niveles de marginación por colonias en la ciudad de Xalapa-Enríquez



Cada polígono corresponde a una colonia y los números en círculos corresponden a las colonias con mayor cantidad de huertos urbanos. 1. Zona Centro, 2. Revolución, 3. Zona Universitaria, 4. Lucas Martín, 5. Progreso Macuiltepetl, 6. 21 de Marzo.

Fuente: INEGI (2021), CONAPO (2021). Elaboración propia

Los resultados muestran el registro de 1 a 3 huertos urbanos en colonias de cualquier nivel de marginación, lo que representa el 68,21 % de los 129 huertos mapeados para la ciudad de Xalapa-Enríquez. Cabe mencionar que, sólo en las colonias de media y baja marginación llegan a presentarse de cuatro a doce huertos en la misma colonia. Las colonias que tienen de 4 a 6 huertos son la 21 de Marzo con media marginación, así como Lucas Martín y Progreso Macuiltepetl, las cuales son de baja marginación. En estos casos, donde antes prevalecían comunidades agrícolas, ahora coexisten huertos vecinales o educativos con algunos caseros. Por su parte, las colonias que tienen de 7 a 9 huertos son Revolución (media marginación), donde hay varios huertos vecinales y caseros, así como la Zona Universitaria (baja marginación) donde prevalecen varios huertos educativos. Finalmente, la colonia Zona Centro es la única que tiene 12 huertos de las cuatro categorías, siendo un lugar que históricamente ha presentado casas coloniales con sembradíos en sus traspatios.

4. Discusión

4.1. La pertinencia del mapeo participativo

La estrategia de difusión utilizada fue acertada para que el mapeo tuviera un alcance preponderante y permitiera un registro considerable, el cual se detuvo cuando las curvas de cada categoría de huerto alcanzaron la meseta y no ocurrieron nuevos registros. En la época de la convergencia de los medios siempre será conveniente el uso de múltiples canales de difusión digital, sin dejar de lado los canales físicos. En este sentido, se ha documentado que el uso de estrategias masivas de difusión por internet para promover mapeos participativos proporciona mayores tasas de respuesta, pero menor calidad de datos espaciales (Brown, 2017). Sin duda, esto representa un sesgo metodológico importante, el cual se ha resuelto con la posterior validación de los datos y la calibración de las ubicaciones en Google Earth Pro. A pesar de esto, no se debe subestimar el alcance del mapeo participativo como una herramienta de bajo costo para que las comunidades se aproximen a la geografía de la agricultura urbana. Esta metodología se puede complementar con la búsqueda mediante el muestreo de bola de nieve y la georreferenciación de bases de datos de programas gubernamentales (Farana, 2016).

Por su parte, las técnicas de mapeo no participativas con imágenes satelitales de alta resolución son útiles para huertos que ocupan porciones de tierra considerables (Forster et al., 2009), pero no tanto para iniciativas de huertos caseros de dimensiones reducidas y con variantes poco detectables como los huertos verticales. En todo caso, es importante recordar el objetivo del mapeo participativo y la cartografía social; comprender mejor el territorio y consolidar un sentido de pertenencia alrededor de iniciativas afines modeladas por personas con objetivos comunes (Barragán-Giraldo, 2016). Por lo anterior, el mapeo participativo tiene el valor agregado de ser crucial para aspectos asuntos de articulación ciudadana y refleja en gran parte el anhelo que sienten las personas, colectividades e instituciones por formar parte de la comunidad de la agricultura urbana o verse identificadas con dicho fenómeno. Por tanto, el mapeo participativo es clave para guiar asuntos de articulación comunitaria, innovación social y políticas públicas.

4.2. Comprendiendo los atributos de los huertos urbanos en la ZMX

El mapeo realizado muestra que la Zona Metropolitana de Xalapa cuenta con una cantidad considerable de huertos urbanos, con respecto a lo reportado de forma participativa en algunas otras zonas metropolitanas. Esta preponderancia se aprecia incluso a una escala menor, donde el municipio de Xalapa presenta mayor cantidad de huertos urbanos con relación a otros municipios mapeados (Tabla 6). La particularidad es que tanto la ZMX como el municipio homónimo son de menor extensión, a diferencia de las otras zonas referenciadas, las cuales incluyen en su mayoría ciudades modernas con alta densidad poblacional.

Tabla 6. Cantidad de huertos urbanos mapeados en estudios similares

Zona Metropolitana	Extensión (km²)	No. de huertos	Referencia
Londres	1579	301	Sustain (2023)
Xalapa	867	160	Este estudio
Lima	2819	78	Bravo-Urrutia et al. (2021)
Sevilla	1485	54	CAPADR (2023)
Quito	4217	26	Curay & Tituaña (2015)
Municipio	Extensión (km²)	No. de huertos	Referencia
Xalapa	124,4	136	Este estudio
Ciudad de México*	1485	125	Hidalgo-Estrada (2023)
Madrid	604,3	66	DEA (2017)
Río de Janeiro	1200	49	dos Santos (2019)

*Ciudad de México era una municipalidad, hoy es ciudad capital y entidad federativa. Su adición responde a tener una referencia con otro caso del país.

Elaboración propia

Esta comparación no pretende ser rotundamente categórica en términos espacio-temporales, sólo se busca colocar en perspectiva y diálogo los resultados obtenidos con los pocos estudios sobre mapeos de la agricultura urbana que se han realizado hasta la fecha. Es conveniente señalar que: a) las técnicas cualitativas de

mapeo pueden llegar a tener limitaciones cuando se aplica en zonas con mayor extensión, ya que se complica el alcance de la muestra o el trabajo con rangos territoriales de menos cohesión social; b) la agricultura urbana es dinámica en un amplio sentido, mucho más en su dimensión temporal, por lo que en la actualidad y sabiendo el auge que tuvo este fenómeno durante la pandemia, es muy probable que los datos de estos estudios (incluido el de la ZMX) hayan variado significativamente. En todo caso, es indispensable continuar explorando estrategias metodológicas que permitan un mayor alcance en la recolección de datos, pero también en la actualización de los mismos.

En este punto, cabe destacar que el fenómeno de la agricultura urbana y muchos de sus procesos asociados ocurren en gran parte porque Xalapa (cabecera de la ZMX) es una ciudad media (Hernández & Romero, 2021). En este tipo de territorios de amplia diversidad cultural, se dan relaciones de cercanía, redes de colaboración y vínculos sociales que pocas veces ocurren en las grandes urbes, salvo que sea a nivel de colonias. En este sentido, los municipios de la ZMX todavía guardan una gran cantidad de rasgos rurales, asunto que podría explicar la presencia y cantidad considerable de huertos urbanos. Otro factor preponderante es el flujo de saberes y prácticas agrícolas, pues desde 1960 la ZMX ha mantenido una intensa migración rural-urbana (Fernández, 2012). Sin duda, la presencia de huertos urbanos en la ZMX es un hecho multicausal con profundas raíces históricas, culturales, socioeconómicas y políticas.

Con respecto a las principales características de los huertos urbanos mapeados en la ZMX, la mayoría de los huertos caseros presentan dimensiones reducidas, siendo los de mayor tamaño aquellos de tipo vecinales, educativos y otros. Esta condición de huertos caseros puede deberse en gran parte a la predominancia de viviendas de interés social en condición de hacinamiento (Guerra, 2013). Aun así, el promedio de tamaños en huertos caseros mapeados es mayor (92 m²) al reportado para los huertos de la Red de Agricultura Urbana y Periurbana de Xalapa (25 m²) (Ortiz-Riveros et al., 2018). Las medias de los huertos educativos (125 m²), vecinales (256 m²) y otros (152 m²) es superior a los reportados para las categorías similares de huertos familiares (72,50 m²), educativos (15 m²), comunitarios (20 m²) y municipales (15 m²) en Málaga, España (Larrubia et al., 2020). No obstante, la media del tamaño de todas las categorías de huertos de la ZMX es menor que la media del tamaño para huertos urbanos en la ciudad de La Habana en Cuba, donde hay condiciones de inseguridad alimentaria más acentuadas (Ortiz et al., 2001). En términos generales, el tamaño de los huertos urbanos de la ZMX es suficiente, aunque podría ser mayor si no fuese por las condiciones de asentamientos irregulares, poca planificación urbana y por el contexto de inequidad en la distribución de áreas verdes en la región (Carmona-Ortega et al., 2022).

En cuanto a la comunidad que sostiene los huertos urbanos en la ZMX, es muy probable que haya repeticiones en el dato reportado del número de personas (3.263), ya que en varios casos las personas que tienen huertos caseros, también participan en huertos vecinales y educativos, incluso dentro de otros tipos de huertos. Aquí es conveniente mencionar que la comunidad, al igual que la agricultura urbana, es ampliamente dinámica. Por ejemplo, debido a que la ZMX es una región de estudiantes que se sostiene en gran parte de la renta de cuartos y viviendas a personas locales y foráneas (Cázares-Casildo, 2021), las casas no siempre tienen suficientes áreas verdes y en muchos casos no está permitido construir huertos en espacios compartidos, por lo que algunas iniciativas caseras comienzan y posteriormente son retirados. De igual manera, también se da un gran dinamismo en los huertos educativos, los cuales surgen por iniciativas de uno o varios docentes, pero cuando estos se desaniman o son trasladados de escuela, los huertos son abandonados. En todo caso, lo destacable es el hecho de que la mayoría de las personas que participan en este fenómeno son mujeres, asunto que ya ha sido documentado para huertos caseros y educativos de Xalapa y otras ciudades mexicanas (Ortiz-Riveros et al., 2018; Merçon et al., 2018).

En relación con la antigüedad, más de la mitad (66,87 %) de los registros obtenidos corresponden a huertos fundados durante la pandemia y post-pandemia, fenómeno que ya fue documentado en México (Miranda & Aguilar-Gómez, 2021). En el caso de la ZMX, esto puede explicarse por el programa virtual de capacitación en huertos que promueve desde 2020 el Ayuntamiento de Xalapa en colaboración con el Huerto Agroecológico de la Facultad de Biología (Rosas-Domínguez et al., 2023). Otro factor que pudo acrecentar el aumento de dichos huertos fueron los Grupos de Apoyo Para la Producción de Alimentos en Casa (APAC), una iniciativa incentivada en 2020 por la Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad de la Universidad Veracruzana. Ahora bien, la mayoría de estos huertos se mantienen en la actualidad gracias a los niveles de organización en red que han alcanzado en los últimos años (Ortiz-Riveros et al., 2018; Nicté-Nava et al., 2018; Celis-Villalón, 2018), aunque es de destacar que la agricultura urbana es una práctica de larga data en Xalapa según investigaciones que están en curso. Por tanto, aunque el mapeo permitió el registro de huertos de las últimas

décadas, es importante resaltar que es un fenómeno dinámico en el que pocas veces los huertos se mantienen por largos periodos.

Por otro lado, prevalecen los huertos de tipo blando (55 %) y mixto (32 %) por encima de los duros (13 %), lo cual concuerda con el moderado índice de urbanización (65,08 %) que presenta la ZMX (INFONAVIT & ONU-HÁBITAT, 2018). Lo anterior, contrasta con lo reportado para la Red de Agricultura Urbana y Periurbana de Xalapa, con blandos (17 %), mixtos (50 %) y duros (33 %) (Ortiz-Riveros et al., 2018). Aunque se tiene que considerar que la mayoría de los huertos de dicha red son caseros, por lo que la prevalencia de huertos caseros duros es concordante. También es cierto que muchos de los huertos mapeados se ubican actualmente en zonas que hace unas décadas eran núcleos agrarios y también zonas ejidales dedicadas a las actividades agropecuarias, pero que ahora han sido extinguidas por los procesos de urbanización (Hernández & Romero, 2021). Dichos núcleos y zonas se encontraban en el norte y sur del municipio, justamente donde hoy se concentra una cantidad considerable de huertos urbanos. Sin duda, la agricultura urbana está condicionada por el acceso a tierra, suelo fértil, agua y semillas, así como por la disponibilidad de tiempo de las personas y por el aumento de los mercados de alimentos.

4.3. Comprendiendo la distribución de los huertos en el municipio de Xalapa

La agricultura urbana en el municipio de Xalapa tiende al agrupamiento, dado por diversas causas multidimensionales. En primer lugar, se puede citar el factor histórico, ya que varios grupos de huertos permanecen en resistencia y se sitúan en zonas que anteriormente fueron núcleos agrarios (Colonia Progreso Macuiltepetl), o colonias que aún mantienen casas con patios amplios (Centro). En segundo lugar, se pueden señalar las conglomeraciones de huertos que ocurren gracias a que comparten objetivos comunes como la defensa del territorio (Lucas Martín). En tercer lugar, las confluencias de huertos cercanos se presentan por los vínculos que se establecen entre los huertos individuales (caseros) y colectivos (caseros o educativos), pues es común que varias personas que participan en huertos comunitarios, cuentan también con siembra en sus domicilios y viceversa (21 de Marzo). Finalmente, la organización en red es otro agente principal que favorece el agrupamiento, como es el caso de los huertos de la Red de Huertos de la Universidad Veracruzana (Zona Universitaria). En este sentido, la aglomeración de huertos urbanos es una cualidad deseable en términos ecológicos (polinización y conectividad) y sociales (intercambios de saberes, semillas y abonos), pero en exceso puede llegar a generar tensiones y presión por los recursos naturales (suelo y agua).

Por otro lado, la distribución de huertos intraurbanos y periurbanos mostró una clara tendencia hacia la ubicación de estos en el interior de la mancha urbana del municipio de Xalapa (89,93 %). Esta distribución ocurrió similar para los huertos intraurbanos (82,75 %) en Santiago de Querétaro (México), un municipio con el doble de habitantes que Xalapa (Villavicencio-Valdez et al., 2015). En teoría, se esperaría que haya una mayor cantidad de huertos periurbanos, en un municipio de tamaño medio como Xalapa, donde todavía se guarda estrecha relación con las zonas rurales contiguas, por lo que se sugiere explorar estas áreas en futuras investigaciones, especialmente en las colonias del este de la ciudad, donde se presentaron la menor cantidad de registros. En todo caso, Xalapa no es una agrópolis, ni está cerca de serlo; aquí los procesos de rururbanización parecieran estar orientados mayormente al desarrollo de huertos con fines sociopolíticos. En este sentido, una línea de investigación a desarrollar es el énfasis de la geografía crítica que gira en torno al significado cultural y político de la agricultura urbana, más allá de la producción de alimentos (Tornaghi, 2014).

4.4. Comprendiendo la distribución de los huertos en la ciudad de Xalapa-Enríquez

Los huertos mapeados mostraron una concentración en el 16,25 % de las colonias de Xalapa-Enríquez, lo cual es relativamente bajo y crea la necesidad de explorar en futuras investigaciones aquellas colonias sin registros. En todo caso, dicha concentración es baja, teniendo en cuenta los mapeos realizados (aunque con métodos no participativos) en Santa Rosa (Argentina) con huertos en el 59,46 % de las colonias (Farana, 2016), o el realizado en Detroit (Estados Unidos) con presencia en el 77 % de los barrios (Hawes et al., 2022). Aunque con frecuencia los huertos urbanos se asocian a colonias vulnerables y comunidades pobres donde se concentran carencias de inseguridad alimentaria (Martin et al., 2017), en Xalapa-Enríquez los huertos se ubicaron principalmente en zonas con baja y media marginación, contrario a lo documentado en Puebla y Ciudad Juárez (Ortega-Anguiano & Mundo-Hernández, 2022; Rodríguez-Cavazos, 2019). Esto puede explicarse por el hecho de que la mayoría de los huertos caseros son desarrollados por adultos mayores pensionados que no dependen exclusivamente de la agricultura urbana para satisfacer sus necesidades alimentarias, sino que los utilizan con fines recreativos, terapéuticos y de ocio (Ortiz-Riveros et al., 2018).

En todo caso, no se puede ser categórico en decir que los huertos que se encuentran en zonas de baja marginación no responden a temas alimentarios, o bien que los huertos situados en áreas con alta marginación están asociados exclusivamente al consumo y riesgo por inseguridad alimentaria. La presencia de los huertos en múltiples zonas de la ciudad no se debe a razones dicotómicas (alimentación y no alimentación), sino que hay un continuo gradiente de múltiples causas intermedias e interconectadas. Sin embargo, es indispensable aumentar la intensidad de muestreo en zonas con muy alta marginación, pues los registros fueron más bajos de lo esperado, contrario a lo ocurrido en zonas con muy baja marginación. En este punto, pueden estar sucediendo dos asuntos; que las personas de escasos recursos económicos carecen del interés y los medios para registrarse en el mapeo y, por otro lado, que las personas pudientes tienen los medios y el interés por ser visibilizadas en estas herramientas de articulación. En todo caso, esto pudiera ser un sesgo de la herramienta metodológica que debe combinarse con otras técnicas, como ya se ha mencionado anteriormente.

No obstante, según el conocimiento de la zona, es prudente decir que en Xalapa-Enríquez la agricultura urbana ha ido evolucionando de “huertos para la autosuficiencia alimentaria” a “huertos que defienden causas socioecológicas”, puesto que esta actividad tiene múltiples beneficios para el bienestar humano y la resiliencia urbana (Urías Borbón & Ochoa de la Torre, 2020). Es importante mencionar que la mayoría de las iniciativas de agricultura urbana en Xalapa se han originado a partir de la defensa del territorio (Escalona-Aguilar & Menchaca, 2023), siendo ejemplo de ello el huerto vecinal del Parque La Loma. También se ha identificado la restauración del paisaje como otro factor causal en la generación de redes de colaboración ciudadana y la implementación de huertos, como es el caso del huerto vecinal y varios huertos caseros de habitantes cercanos al río Sedeño (Paradowska, 2020). La reconstrucción de tejido social en zonas vulnerables ha sido otro motivo que ha llevado al gobierno local a promover huertos vecinales en los centros de gestión comunitaria, entre los que se destacan los huertos de Plan de Ayala y El Moral, espacios liderados por mujeres. La participación social, los procesos de educación ambiental y la promoción de valores socioambientales son aspectos destacados que han motivado la implementación de huertos educativos (Fontalvo-Buevas et al., 2021). Entre estos últimos, sobresalen los huertos de las siguientes instituciones: Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana, Benemérita Escuela Normal Veracruzana, Centro Escolar Xalitic y Colegio Nuestro Mundo.

4.5. Potencialidades de la cartografía interactiva

La cartografía digital interactiva que se construyó con el registro de las iniciativas tiene el potencial para ser una herramienta multifuncional para los horticultores urbanos y los tomadores de decisiones gubernamentales (Taylor, 2010). Principalmente, puede servir como base para construir una estrategia metropolitana de articulación de las redes de huertos ya existentes, pero también para que se vayan sumando las iniciativas que se encuentran aisladas. El sitio web posibilita la comunicación entre los horticultores para facilitar el intercambio de semillas, plántulas, abonos, cosechas, labores de manejo y saberes; tal como lo vienen haciendo los agricultores en Sri Lanka (Jayathilake et al., 2015). Esto podría ayudar a construir comunidades de aprendizaje más interconectadas alrededor de la agricultura urbana, un paso clave para fortalecer la movilización social, aumentar la gestión colectiva y generar innovaciones socioecológicas (Machado & Camboim, 2019). Por ejemplo, algunos docentes de escuelas locales ya están utilizando la cartografía de huertos urbanos como un recurso didáctico para facilitar la enseñanza de temas de educación básica.

Asimismo, el mapeo de huertos urbanos tiene el potencial de ser un instrumento útil para amplificar el impacto positivo de la agricultura urbana, siendo un escalamiento que puede ocurrir de forma simultánea y no necesariamente de manera progresiva a través del tiempo (Lam et al., 2020). Esta amplificación puede darse hacia dentro, desde las iniciativas existentes gracias a la interacción que puede promover estabilidad y fortalecimiento, y también puede darse hacia afuera en donde las iniciativas crecen a partir de la visibilización y el reconocimiento, logrando incluso ser replicadas dentro del escenario de la misma ciudad. Además, el afianzamiento de las iniciativas puede incentivar la amplificación hacia afuera mediante mecanismos de transferencia (huertos educativos que se transforman en vecinales) y extensión (huertos vecinales que promueven huertos caseros). Este mapeo también puede potenciar un escalamiento en profundidad donde el intercambio de saberes y las innovaciones sociales conducen a cambios en las reglas (huertos familiares que se transforman en vecinales), llegando incluso a favorecer un escalamiento hacia arriba, donde la articulación entre horticultores podría conducir a la construcción de mercados agroecológicos y fábricas colectivas de bioinsumos. Entiéndase que la cartografía por sí sola no puede generar estos procesos de escalamiento, pero sí es una plataforma base que acompañada de otras estrategias puede tener beneficios tangibles para la agricultura urbana (Machado & Camboim, 2019).

Por otro lado, el conocimiento geográfico de las iniciativas de huertos urbanos en la ciudad es esencial para el desarrollo de políticas públicas y programas gubernamentales eficientes. Por ejemplo, las ordenanzas de zonificación de la agricultura urbana son un paso clave en términos de planificación urbana sustentable (McClintock et al., 2012). Este tipo de ejercicios permiten identificar las iniciativas existentes, gestionar el aprovechamiento de espacios públicos para la construcción de nuevos huertos caseros y proyectar la conservación de áreas potencialmente cultivables para huertos comunitarios (Mees & Stone, 2012). La cartografía generada es un diagnóstico que resulta conveniente para pensar en estrategias autogestivas o una futura política pública que favorezca la agricultura urbana en zonas vulnerables con tendencia a la inseguridad alimentaria (Meenar et al., 2017). Asimismo, la información generada es fundamental para iniciar la consecución de financiamientos con dependencias gubernamentales, fundaciones, asociaciones civiles y otros posibles benefactores.

5. Conclusiones

La propuesta metodológica de este estudio permitió realizar desde la base social una aproximación al fenómeno de la agricultura urbana, con una herramienta de bajo costo, la cual puede ser fácilmente replicada en otras ciudades. El mapeo participativo contribuyó para la construcción de una cartografía temática de los huertos urbanos de la ZMX. El mapa insertado en la plataforma Ushahidi muestra una cantidad considerable de huertos caseros, educativos y vecinales, entre otros. Los registros obtenidos son notables en cantidad si se comparan con mapeos hechos de forma participativa en otras zonas metropolitanas de mayor extensión, aunque es indispensable explorar estrategias para su actualización continua. La mayoría de estos todavía son cultivados en el suelo y una menor proporción en macetas, lo que invita a continuar luchando por un ordenamiento territorial sustentable que favorezca el acceso justo a tierras y el cultivo cercano de alimentos. Por otro lado, la mayor parte de los huertos registrados han sido fundados en los últimos cuatro años, aunque hay iniciativas de huertos educativos y vecinales con más de 30 años de longevidad. En esta zona la agricultura urbana es movilizadora por una comunidad dinámica que está compuesta principalmente por mujeres e infantes de huertos educativos.

La mayoría de los huertos mapeados se ubican en el municipio de Xalapa, donde presentan una distribución que tiende a la agrupación, siendo muchos de ellos intraurbanos y pocos periurbanos, lo que abre la necesidad de explorar estas zonas en futuras investigaciones. Con respecto a los huertos que se ubican en la ciudad de Xalapa-Enríquez, estos se circunscriben principalmente a colonias con baja y media marginación. Lo anterior, sugiere que estas iniciativas no responden netamente a asuntos de insuficiencia alimentaria, sino más bien a causas como la cohesión social y la defensa del territorio. En este sentido, se requiere examinar un abordaje crítico de la geografía de la agricultura urbana que vaya más allá de la representación gráfica y no problemática de las prácticas urbanas de producción de alimentos, capaz de exponer las dinámicas socioambientales excluyentes que están inmersas en la complejidad de dicho fenómeno.

La cartografía generada y sus componentes permitieron reflexionar sobre el potencial y alcance que puede tener esta herramienta en múltiples ámbitos. Esta representación geográfica posibilita que las personas tengan acceso a fichas con información detallada de cada uno de los huertos. El mapa virtual es útil no sólo para visibilizar y situar espacialmente los huertos urbanos, sino también para articular las iniciativas e incentivar su gestión colectiva. También, puede ser de utilidad para procesos de planificación urbana sustentable, programas y políticas públicas eficientes, así como priorizar la consecución de financiamientos. Prosigue socializar el mapa constantemente con los usuarios y los tomadores de decisiones para favorecer la apropiación y generación de innovaciones sociales que permitan mejorar la calidad de vida de los ciudadanos a través de la producción de alimentos.

El desarrollo de la presente metodología participativa, las herramientas aquí trabajadas y las posteriores interacciones entre actores podrían favorecer dinámicas sociales en torno a los huertos para que se articulen de mejor manera entre sí y con el territorio. Para ello se deben considerar e incluir reflexiones colectivas hacia aspectos de la gobernanza responsable de estos espacios y de cómo incrementar la cohesión social, teniendo en cuenta las distintas manifestaciones de la agricultura urbana. El cambiar de una gobernanza vertical a una reticular, donde los conflictos y decisiones se resuelven y se toman por actores partícipes de la sociedad civil, organizaciones no gubernamentales, gubernamentales y académicos con esquemas horizontales de decisión, es una meta posible, donde la caracterización lograda facilita esta articulación entre actores. El potenciar las capacidades de esta comunidad local es uno de los desafíos que pueden incentivarse y favorecerse tomando a la agricultura urbana como medio.

Esta investigación está vinculada a los huertos urbanos cuyos manejadores decidieron registrar de forma voluntaria sus iniciativas. Por tanto, no se espera que necesariamente los resultados obtenidos describan las tendencias de todos los huertos que pueden existir en la ciudad y su zona metropolitana. Aun así, esta es una contribución valiosa para la comprensión de la agricultura urbana en una de las ciudades mexicanas pioneras de dicho fenómeno y donde actualmente se mantiene una gran cantidad de huertos. Asimismo, se considera que los análisis realizados pueden abrir nuevas investigaciones, donde se podrían explorar las zonas con mayor potencial para establecer nuevos huertos según las tendencias de crecimiento de la ciudad, las áreas verdes, las islas de calor, la calidad del suelo y el acceso a recursos hídricos.

Agradecimientos

A la Dirección de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Xalapa y a la Secretaría de Educación Veracruz por la difusión masiva de la convocatoria, a la Coordinación Universitaria de Observatorios de la Universidad Veracruzana por la curación de las coordenadas, a la ciudadanía, colectividades e instituciones que se sumaron voluntariamente a esta iniciativa.

Referencias

- Aquilué Junyent, I., & Ruiz Sánchez, J. (2021). Ciudad, complejidad y cambio: fundamentos para el análisis de la incertidumbre en sistemas urbanos. *Revista INVI*, 36(101), 7-34. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582021000100007>
- Aubry, C., & Manouchehri, N. (2019). Urban agriculture and health: Assessing risks and overseeing practices. *Field Actions Science Reports. The journal of field actions*, (20), 108-111. <http://journals.openedition.org/factsreports/5854>
- Ávila-Sánchez, H. (2019). Agricultura urbana y periurbana: Reconfiguraciones territoriales y potencialidades en torno a los sistemas alimentarios urbanos. *Investigaciones geográficas Mx*, (98), 1-21. <https://doi.org/10.14350/rig.59785>
- Balsa-Barreiro, J., Menendez, M., & Morales, A. J. (2022). Scale, context, and heterogeneity: The complexity of the social space. *Scientific reports*, 12(1), 9037. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12871-5>
- Barragán-Giraldo, D. F. (2016). Cartografía social pedagógica: entre teoría y metodología. *Revista colombiana de educación*, (70), 247-285. <https://doi.org/10.17227/01203916.70rce247.285>
- Belmahdi, H. S., & Djemili, A. (2022). Urban landscape structure anatomy: Structure patterns and typology identification in the space-time of Setif City, Algeria. *Frontiers of Architectural Research*, 11(3), 421-439. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.12.004>
- Bravo-Urrutia, A. N., Cusicuna-Palma, N. A., Cuya-Ávalos, R., & Cáceres-Miranda, Y. (2021). *Huertos urbanos como revitalizador del espacio público vacante: caso huertos en línea en Villa María del Triunfo y Ayllu 21 en Villa El Salvador* [Bachelor's thesis, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Académico de la Universidad Científica del Sur. <https://doi.org/10.21142/tb.2021.1692>
- Brown, G. (2017). A review of sampling effects and response bias in internet participatory mapping (PPGIS/PGIS/VGI). *Transactions in GIS*, 21(1), 39-56. <https://doi.org/10.1111/tgis.12207>
- Canales, A., & Canales, C. M. (2013). De la metropolización a las agrópolis. El nuevo poblamiento urbano en el Chile actual. *Polis. Revista Latinoamericana*, (34), 1-23. <https://doi.org/10.4067/S0718-65682013000100003>
- Carmona-Ortega, M., Falfán, I., Lascurain-Rangel, M., & Benítez-Badillo, G. (2022). Distribución espacial de las áreas verdes urbanas en Xalapa, México: un caso de inequidad. *Sociedad y Ambiente*, (25), 1-32. <https://doi.org/10.31840/sya.vi25.2559>
- Cázares-Casildo, J. M. (2021). *Cohabitar entre personas sin parentesco: Repercusión en la transformación espacial de la vivienda contemporánea en Xalapa y Coatepec, Veracruz* [Master's thesis, Universidad Veracruzana]. Repositorio Institucional de la Universidad Veracruzana. <https://cdigital.uv.mx/handle/1944/51142?show=full>
- Celis-Villalón, A. A. (2018, February 13). Organización social en las redes (La red de huertos UV). *Diario de Xalapa: Ciencia y Luz*. <https://bit.ly/3L0VX4B>
- Cochrane, L., & Corbett, J. (2020). Participatory mapping. In J. Servaes (Ed.), *Handbook of communication for development and social change* (pp. 705-713). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2014-3_6
- Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural [CAPADR]. (2023, October 20). *Mapa de huertos urbanos de Andalucía*. Junta de Andalucía. <https://bit.ly/47rdR8y>
- Consejo Nacional de Población [CONAPO]. (2021, October 4). *Índice de marginación por municipio 2020. Datos abiertos de México*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372>
- Contesse, M., Van Vliet, B. J., & Lenhart, J. (2018). Is urban agriculture urban green space? A comparison of policy arrangements for urban green space and urban agriculture in Santiago de Chile. *Land use policy*, (71), 566-577. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.006>
- Curay, M. M. A., & Tituaña, P. M. G. (2015). *Agroecología y turismo en los huertos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito: caso AGRUPAR* [Master's thesis, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9207>
- Departamento de Educación Ambiental [DEA]. (2017). *Mapa de Huertos Urbanos Comunitarios de Madrid*. Ayuntamiento de Madrid. <https://bit.ly/474WM4G>

- dos Santos, S. D. (2019). *Huertas cariocas: prácticas instituyentes apoyadas por la Alcaldía de Río de Janeiro*. LA Network. <https://bit.ly/3MCDifE>
- Escalona-Aguilar, M. Á., & Menchaca, P. A. (2023). Construcción de transiciones agroecológicas desde la defensa del territorio en Xalapa, Veracruz. *El Jarocho Cuántico*, 4(41), 5. <https://i.mtr.cool/lousosgxuo>
- Esteban, A., Conesa, E., Fernández, J. A., Bañón, S., & Ochoa, J. (2014). Mapeo de experiencias de horticultura urbana en la Región de Murcia. In *VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental: Las buenas prácticas agrícolas en horticultura ornamental* (pp. 329-335). SECH (Sociedad Española de Ciencias Hortícolas). <https://bit.ly/3QUlqgh>
- Farana, A. N. (2016). *Aplicación de geotecnologías para el mapeo de la agricultura urbana: el caso prohuerta en la ciudad de Santa Rosa, La Pampa* [Bachelor's thesis, Universidad Nacional de La Pampa]. Repositorio Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de La Pampa. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/2016>
- Fernández, J. (2012). *Proceso de periurbanización en una metrópoli media mexicana: La zona metropolitana de Xalapa 2000-2010* [Master's thesis, El Colegio de la Frontera Norte]. Repositorio Institucional de El Colegio de la Frontera Norte. <https://colef.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1014/149>
- Fontalvo-Buelvas, J.C., de la Cruz-Elizondo, Y., & Escalona-Aguilar, M. Á. (2021). El Huerto Agroecológico: un espacio de participación social en la Facultad de Biología-Xalapa de la Universidad Veracruzana. In F. N. C. Martínez, L. S. M. Laffon, P. J. R. Martínez, A. M. Á. Escalona, F. J. A. Pensado, A. C. Limón, G. A. F. Cardona, G. M. A. Corona, & H. S. G. Ramos (Coords.), *Responsabilidad Social Universitaria: Experiencias de las Instituciones de la Red Sur Sureste de la ANUIES* (pp. 153-159). Universidad Autónoma del Carmen.
- Forster, D., Buehler, Y., & Kellenberger, T. (2009). Mapping urban and peri-urban agriculture using high spatial resolution satellite data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 3(1), 033523. <https://doi.org/10.1117/1.3122364>
- Geneletti, D., La Rosa, D., Spyra, M., & Cortinovic, C. (2017). A review of approaches and challenges for sustainable planning in urban peripheries. *Landscape and Urban Planning*, 165, 231-243. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.01.013>
- Godínez-García, L. F., López-Galindo, L. K. I., & Álvarez-Ramírez, M. M. (2019). Análisis de indicadores de disponibilidad y accesibilidad alimentaria en el municipio de Xalapa. *UVserva*, (7), 16-25. <https://doi.org/10.25009/uvs.v0i7.2601>
- Guerra, O. I. D. C. (2013). *Análisis estadístico del rezago social y económico en Xalapa, Ver* [Specialty thesis, Universidad Veracruzana]. Repositorio Institucional de la Universidad Veracruzana. <https://bit.ly/47eRDGo>
- Haberman, S. J. (1973). The analysis of residuals in cross-classified tables. *Biometrics*, 205-220. <https://doi.org/10.2307/2529686>
- Hawes, J. K., Gounaridis, D., & Newell, J. P. (2022). Does urban agriculture lead to gentrification? *Landscape and Urban Planning*, 225, 104447. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104447>
- Hernández, E. V., & Romero, P. C. L. (2021). La propiedad ejidal de la tierra en contextos de rururbanización en México: sus desafíos y oportunidades en una ciudad media (Xalapa, Veraca). *Historia Agraria de América Latina*, 2(01), 174-196. <https://doi.org/10.53077/haal.v2i01.87>
- Hidalgo-Estrada, G. (2023, January 8). Mapa Interactivo: Conoce los huertos del Sistema de Huertos Urbanos de la Ciudad de México. *Google Maps*. https://maps.app.goo.gl/t4ANcZu7jxUf8DsN8?g_st=iw
- Hurtado-Valle, A., & Monsalve-Vahos, S. L. (2022). *Agricultura urbana: huertos familiares, comunitarios y escolares para la construcción del tejido social, la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible en la ciudad de Medellín* [Bachelor's thesis, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio Institucional UNIMINUTO. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/17108>
- Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores [INFONAVIT], & Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [ONU-HÁBITAT]. (2018). Índice básico de las ciudades prósperas: Xalapa, Veracruz, México. *Centro de Investigaciones para el Desarrollo Sostenible*. <https://bit.ly/3MB30Ah>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2013). *Perspectiva Estadística Veracruz de Ignacio de la Llave*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825048600>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2019). *Conjunto de datos vectoriales de información topográfica E14B27 (Jalapa) escala 1:50 000 serie III*. Gobierno de México. <https://bit.ly/3WYjWYe>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020. Subsistema de Información Demográfica y Social*. Gobierno de México. <https://bit.ly/3oxnguc>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021). *Marco Geoestadístico Nacional del Censo de Población y Vivienda. 2020*. Gobierno de México. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469>
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal [INAFED]. (2019). *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México: Estado de Veracruz-Llave*. Gobierno de México. <http://bit.ly/2TA9vZM>
- Jayathilake, H. A. C. K., Mudalige, J. U., Gow, G. A., Waidyanatha, N., & Perera, L. D. R. D. (2015). Use of low cost information communication technologies for knowledge mobilization in agricultural communities in Sri Lanka. In *Proceedings of 8th International Research Conference*, KDU. <http://ir.kdu.ac.lk/handle/345/1037>
- Kingman-Garcés, E., & Solo de Zaldívar, V. B. (2017). Las fronteras arbitrarias y difusas entre lo urbano-moderno y lo rural-tradicional en los Andes. *The Journal of Latin American and Caribbean Anthropology*, 22(2), 235-253. <https://doi.org/10.1111/jlca.12216>
- Lam, D. P., Martín-López, B., Wiek, A., Bennett, E. M., Frantzeskaki, N., Horcea-Milcu, A. I., & Lang, D. J. (2020). Scaling the impact of sustainability initiatives: a typology of amplification processes. *Urban Transformations*, 2, 1-24. <https://doi.org/10.1186/s42854-020-00007-9>
- Larrubia, R., Natera, R. J. J., & Carruana, H. D. (2020). Los huertos urbanos como estrategia de transición urbana hacia la sostenibilidad en la ciudad de Málaga. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (86), 1-55. <https://doi.org/10.21138/bage.2972>
- MacGregor-Fors, I. (2010). How to measure the urban-wildland ecotone: redefining 'peri-urban' areas. *Ecological Research*, 25(4), 883-887. <https://doi.org/10.1007/s11284-010-0717-z>
- Machado, A. A., & Camboim, S. P. (2019). Collaborative mapping as a data source for urban planning: Challenges and potentialities. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, e20180142. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180142>
- Malberg-Dyg, P., Christensen, S., & Peterson, C. J. (2020). Community gardens and wellbeing amongst vulnerable populations: a thematic review. *Health promotion international*, 35(4), 790-803. <https://doi.org/10.1093/heapro/daz067>
- Martin, P., Consalès, J. N., Scheromm, P., Marchand, P., Ghestem, F., & Darmon, N. (2017). Community gardening in poor neighborhoods in France: a way to re-think food practices?. *Appetite*, 116, 589-598. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.05.023>
- McClintock, N., Wooten, H., & Brown, A. H. (2012). Toward a food policy" First Step" in Oakland, California: A food policy council's efforts to promote urban agriculture zoning. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 2(4), 15-42. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2012.024.009>
- Meenar, M., Morales, A., & Bonarek, L. (2017). Regulatory practices of urban agriculture: A connection to planning and policy. *Journal of the American Planning Association*, 83(4), 389-403. <https://doi.org/10.1080/01944363.2017.1369359>
- Mees, C., & Stone, E. (2012). Food, homes and gardens: public community gardens potential for contributing to a more sustainable city. In A. Viljoen & J. S. Wiskerke. (Eds.), *Sustainable food planning: evolving theory and practice* (pp. 431-452). Wageningen Academic. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-187-3>
- Merçon, J., Morales, H., Nasupcialy, K. N. N., & Montoya, M. A. (2018). La participación clave de las mujeres en huertos escolares de México. Reflexiones en torno a sus motivaciones, retos y aprendizajes. In S. G. Zuluaga, G., Catacora-Vargas, & E. Siliprandi, (Coords.), *Agroecología en femenino: Reflexiones a partir de nuestras experiencias* (pp. 159-180). SOCLA/CLACSO.
- Miranda, G. O. M., & Aguilar-Gómez, C. R. (2021). Contexto general de la Agricultura Urbana en México durante la pandemia: uso de aplicaciones de Google para el análisis social. *Ar@cne. Revista Electrónica de Recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales*, 25(258), 1-24. <https://doi.org/10.1344/ara2021.258.34042>

- Mougeot, L. J. (Ed.). (2005). *Agropolis: The social, political, and environmental dimensions of urban agriculture*. IDRC.
- Nicté-Nava, K., Bautista, L. A., Aranda, C. P., Bautista, V. A., & Córdova, G. P. (2018). Sembrando comunidad y cosechando aprendizajes. *La Jornada del Campo*, 135(1), 6. <https://www.jornada.com.mx/2018/12/15/cam-sembrando.html>
- Okolloh, O. (2009). Ushahidi, or 'testimony': Web 2.0 tools for crowdsourcing crisis information. *Participatory learning and action*, 59(1), 65-70. <https://bit.ly/3SIIQqU>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]., Rikolto., & Global Partnership on Sustainable Urban Agriculture and Food Systems [RUAF]. (2022). *Urban and peri-urban agriculture sourcebook - From production to food systems*. FAO and Rikolto. <https://doi.org/10.4060/cb9722en>
- Ortega-Anguiano, G. F., & Mundo-Hernández, J. J. (2022). Red de huertos urbanos como un modelo de economía circular comunitaria en comunidades vulnerables. In O. P. Martínez, J. L. Marín-Muñiz & P. M. C. Celis (Coords.), *Sostenibilidad, Ambiente y Sociedad: Los retos de la sostenibilidad en las geografías urbana y rural* (pp. 76-114). El Colegio de Veracruz.
- Ortiz, R., Vera, C., & Leyva, A. (2001). Diagnóstico específico en huertos urbanos del suroeste de Ciudad de La Habana. Evaluación de sus características sociodemográficas, ambientales, tecnología aplicada y agroecosistema. *Cultivos Tropicales*, 22(3), 5-11. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230161001.pdf>
- Ortiz-Riveros, S., Domínguez-González, N., Reyes-Pérez, N., Abato-Zárate, M., Cerdán-Cabrera, C. R., Escalona-Aguilar, M. A., & Lozada-García, J. A. (2018). Caracterización de huertos urbanos y periurbanos de Xalapa de Enríquez, Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 6(2. Especial), 1-8. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v6i2.Especial.207>
- Paradowska, K. B. (2020). Gestionando el buen vivir en un entorno local. Estrategia transdisciplinaria y colaboración en red en la periferia de Xalapa, México. *Revista del CESLA. International Latin American Studies Review*, (25), 25-56. <https://doi.org/10.36551/2081-1160.2020.25.25-56>
- Ramírez, B. M. (2023, September 5). Red Agricultura Urbana en Jalisco alza la voz contra la Ley de Huertos Urbanos: exige participación ciudadana. *UDGTV*. <https://bit.ly/48K2JFj>
- Real Academia Española. (2024). Ciudad. En *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.7 en línea]. <https://dle.rae.es/ciudad>
- Rodríguez-Cavazos, T. J. (2019). *Agricultura urbana en las colonias periféricas del Sur poniente de Ciudad Juárez, Chihuahua como estrategia para lograr la seguridad alimentaria* [Master's thesis, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez]. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. <http://hdl.handle.net/20.500.11961/6072>
- Rosas-Domínguez, A., Jerezano-Díaz, K. B., Fontalvo-Buelvas, J. C., & de la Cruz-Elizondo, Y. (2023). Programa virtual de capacitación en huertos: una vinculación entre el Ayuntamiento de Xalapa y la Universidad Veracruzana en México. In M. A. Piñar-Álvarez, X. A. León-Estrada & L. A. Wojtarowski, (Coords.), *Desarrollo Regional Sustentable: experiencias y desafíos* (pp. 361-377). El Colegio de Tlaxcala.
- Ruiz-Rivera, N., & Delgado-Campos, J. (2008). Territorio y nuevas ruralidades: un recorrido teórico sobre las transformaciones de la relación campo-ciudad. *Eure (Santiago)*, 34(102), 77-95. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612008000200005>
- Secretaría de Desarrollo Social [SEDESOL]., Consejo Nacional de Población [CONAPO]., & Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. (2004). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México*. Gobierno de México. <https://bit.ly/49mHPwb>
- Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz [SEFIPLAN]. (2014). *Censos Económicos 2014: Principales resultados en Veracruz*. Gobierno de México. <http://bit.ly/2WenLcB>
- Secretaría de Medio Ambiente [SEDEMA]. (2024). *Sistema Estatal de Consulta de Espacios Naturales Protegidos*. Gobierno del Estado de Veracruz. Gobierno de México. <https://www.veracruz.gob.mx/medioambiente/espacios-naturales-prottegidos/>
- Sustain. (2023, May 5). The place to find and volunteer for community gardens in London. *Capital Growth*. <https://www.capitalgrowth.org/spaces/#>

- Taylor, L. S. (2010). Multifunctional urban agriculture for sustainable land use planning in the United States. *Sustainability*, 2(8), 2499-2522. <https://doi.org/10.3390/su2082499>
- The Goodies. (2023, September 28). Community gardens (New Zealand). *Google Maps*. <https://bit.ly/3FSLAfw>
- Thomas, G. (2014). *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe. Un informe de la FAO sobre la Agricultura Urbana y Periurbana en la región*. FAO. <https://www.fao.org/3/i3696s/i3696s.pdf>
- Tornaghi, C. (2014). Critical geography of urban agriculture. *Progress in Human Geography*, 38(4), 551-567. <https://doi.org/10.1177/0309132513512542>
- Torres, D. M. S. (2018). Abordajes teórico-conceptuales y elementos de reflexión sobre rururbanización desde los estudios territoriales. *Revista de Antropología y Sociología: VIRAJES*, 20(1), 15-35. <http://dx.doi.org/10.17151/rasv.2018.20.1.2>
- Urban Farming. (2012). *View gardens from around the world*. Urban Farming Global Food Chain. <https://www.urbanfarming.org/garden-locations.html>
- Urías Borbón, D. S., & Ochoa de la Torre, J. M. (2020). Huertos urbanos como estrategia de resiliencia urbana en países en desarrollo. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, (8), 81-102. <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i8.143>
- Yan, D., Liu, L., Liu, X., & Zhang, M. (2022). Global trends in urban agriculture research: A pathway toward urban resilience and sustainability. *Land*, 11(1), 117. <https://doi.org/10.3390/land11010117>
- Villavicencio-Valdez, G., Suzán-Azpiri, H., Ribeiro-Palacios, M., & Altieri, M. A. (2015). Construyendo resiliencia socioecológica en huertos urbanos y periurbanos en Querétaro; adaptaciones urbanas ante el desafío de la soberanía alimentaria y el cambio climático. In *V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA*, 7 al 9 de octubre de 2015, La Plata, Argentina. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53000>

Kraken Urbano Chileno o cómo el Estado Neoliberal creó una megarregión subsidiaria en el siglo XXI

Chilean Urban Kraken, or how the Neoliberal State created a subsidized housing megaregion in the 21st century


AUTORÍA

Voltaire Alvarado Peterson 


Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Universidad de Concepción, Chile.

Rodrigo Hidalgo Dattwyler 

Instituto de Geografía, Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Federico Arenas Vásquez 

Instituto de Geografía, Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Leonel Pérez-Bustamante 

Departamento de Urbanismo, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Universidad de Concepción, Chile.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.27050>

CITACIÓN

Alvarado Peterson, V., Hidalgo Dattwyler, R., Arenas Vásquez, F., & Pérez-Bustamante, L. (2025). Kraken Urbano Chileno o cómo el Estado Neoliberal creó una megarregión subsidiaria en el siglo XXI. *Investigaciones Geográficas*, (83), 179-195. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27050>

CORRESPONDENCIA

Voltaire Alvarado Peterson (vvalvarado@udec.cl)

HISTORIA

Recibido: 12 febrero 2024


Aceptado: 11 julio 2024

Publicado: 23 enero 2025

(Publicación anticipada: 30 septiembre 2024)

TÉRMINOS

© 2025 Voltaire Alvarado Peterson, Rodrigo Hidalgo Dattwyler, Federico Arenas Vásquez, Leonel Pérez-Bustamante

 Este trabajo se publica bajo una licencia [Creative Commons de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Resumen

La progresión espacial de la vivienda subsidiada en Valparaíso y Santiago se describe en este artículo desde la figura mítica del Kraken y su capacidad para ilustrar la forma de megarregión construida entre ambas metrópolis del centro de Chile. Impulsadas por la expansión de los proyectos habitacionales desde ambas ciudades, las políticas de subsidio existentes desde el retorno a la democracia en 1990 a la actualidad han marcado al territorio desde signos políticos distintos y adyacentes a la vez. De cierta forma, la convergencia de derechas e izquierdas no altera el resultado de la propiedad habitacional en tanto dispositivo de producción del bienestar social del neoliberalismo chileno. Siguiendo lo anterior, el eje del presente manuscrito está en las condiciones espaciales generadas por las políticas subsidiarias del denominado Estado Neoliberal, que en Chile ha sobrevivido entre colores opuestos en lo ideológico. Esto ha permitido la construcción de una estructura subsidiaria residencial eficaz además de ágil en actualizaciones y sofisticaciones normativas. El caso de estudio describe las dinámicas residenciales entre las metrópolis de Santiago y Valparaíso a partir de los datos intercensales entre 1992, 2002 y 2017, las que permiten relevar los impactos subsidiarios en la consolidación de esta nueva figura del Kraken Urbano chileno.

Palabras clave: Estado Neoliberal chileno; propiedad de la vivienda; megarregión; políticas subsidiarias; bienestar social; desarrollo urbano.

Abstract

The spatial progression of subsidized housing in Valparaíso and Santiago is described in this article based on the mythical figure of the Kraken and its ability to illustrate the formation of megaregion built between the two metropolises in central Chile. Driven by the expansion of housing projects from both cities, the subsidy policies that have existed since the return to democracy in 1990 to the present day have marked the territory from different and adjacent political orientations. To a certain extent, the convergence of right and left does not alter the outcome of housing ownership as a device to produce the social welfare of Chilean neoliberalism. Following the above, the main focus of this manuscript resides in the spatial conditions generated by the subsidiary policies of the so-called Neoliberal State, which in Chile has survived between the different poles of the ideologically spectrum. This has allowed the construction of a residential subsidiary structure that is effective as well

as agile in terms of the regulatory updating and sophistication. The case study describes the residential dynamics between the metropolises of Santiago and Valparaíso based on intercensal data between 1992, 2002 and 2017, allowing us to survey the subsidiary impacts on the consolidation of this new figure of the Chilean Urban Kraken.

Keywords: Neoliberal Chilean State; housing property; megaregion; subsidiary policies; social welfare; urban development.

1. Introducción

La expansión urbana en Chile está basada en la producción de vivienda e infraestructura residencial, donde la promoción subsidiaria juega un rol trascendental. Concebidos en tanto instrumentos fiscales para el fomento de la propiedad, los subsidios nacen de la estructura política y normativa que el Estado Neoliberal chileno hace de las demandas sociales asignándoles un presupuesto, reglas de participación y adjudicación. El subsidio no es un regalo estatal; corresponde, más bien, a un aporte dirigido a las personas que no pueden acceder por su cuenta a la propiedad. Su capacidad de acción está definida a través de la participan tres pilares: la banca (hipotecas), el ahorro de las personas y el subsidio del Estado (libre de impuestos). Esta fórmula garantiza acceso a la competencia subsidiaria, pero no representa un derecho social demandable.

Más allá de una amplia y documentada crítica, los subsidios habitacionales llevan tres décadas de actualización y sofisticación. Dos son los ejes centrales que se desprenden desde el Estado Neoliberal chileno en la justificación de estas acciones: primero, reducir la brecha entre las viviendas formales, la población en situación de allegada y los asentamientos informales, todos indicadores constructores del denominado déficit habitacional (Farías, 2016; Saavedra & Giannotti, 2023; Fuster-Farfán, 2023); y, segundo, la consolidación de una sociedad propietaria con un alto sentido de seguridad jurídica sobre la vivienda, entendida como base de la producción patrimonial (Borsdorf, 2003; Alvarado et al., 2023). Si bien el auge subsidiario se inserta en la génesis institucional de la última dictadura militar chilena del siglo XX (1973-1990), no debe desconocerse que las anteriores agencias estatales a cargo de la cuestión vivienda en el país no promovieron una amplia inclusión social; persiguieron, en la mayoría de sus ejecuciones políticas, construir una clase media urbana y repartir algo de justicia hacia los estratos más desposeídos (Cortés Morales, 2013; Dohnke et al., 2015; Hidalgo-Dattwyler et al., 2021).

En línea con el guion de los grandes montajes escénicos neoliberales de los noventa, los gobiernos democráticos que sucedieron a la dictadura militar chilena actualizaron y sofisticaron las formas de provisión subsidiaria con base en las mismas leyes que el régimen anterior estatuyera para sus operaciones habitacionales (Salcedo, 2010; Cociña, 2021). Actualización, al incorporar nuevos sectores sociales a la competencia por la adjudicación de los subsidios; y sofisticación, a partir del ingreso de la banca comercial en el financiamiento de hipotecas destinadas a complementar ahorros y aportes fiscales.

El aprendizaje obtenido de los derrumbes globales del capital financiero, en especial de la crisis asiática de 1997 y la *subprime* de 2008, colocó al subsidio como principal soporte a la inversión privada en la producción de viviendas (Daher, 2013). Los nuevos gobiernos salieron a compensar las áreas deficitarias en la cobertura habitacional a partir de una agresiva focalización de los instrumentos subsidiarios, siempre bajo la idea de sustentar un potente segmento de la economía chilena generadora de empleo dotada, además, de alto rendimiento electoral en tanto objeto de triunfo para las políticas públicas. Se agregaron a las operaciones habitacionales de vivienda nueva la autoconstrucción en terrenos propios urbanos o rurales, y los aportes para colectivos compuestos por cientos de familias sin casa que, entre otros alcances, fueron las máximas innovaciones en veinte años de actualización y sofisticación neoliberal (Koppelman, 2017; Contreras et al., 2019).

Este escenario describe la apertura del subsidio habitacional hacia las clases medias del siglo XXI, que en los instrumentos normativos es denominada sector emergente. El antes mencionado Estado Neoliberal chileno sale a buscar una ruta de bienestar social basado en la propiedad, anunciada por Hojman (1993) y Richards (1995) al inicio del periodo democrático. Como si fuera una errata histórica a la tradición de las izquierdas latinoamericanas, la nueva forma de Estado tiene su apogeo durante el decenio socialista de los presidentes Ricardo Lagos (2000-2006) y el primer gobierno de Michele Bachelet (2006-2010), ambos críticos e incluso víctimas de la represión política de civiles y militares con Pinochet en el poder (Ffrench-Davis, 2016). Es aquí, también, donde el Kraken comienza a dibujarse en el territorio chileno.

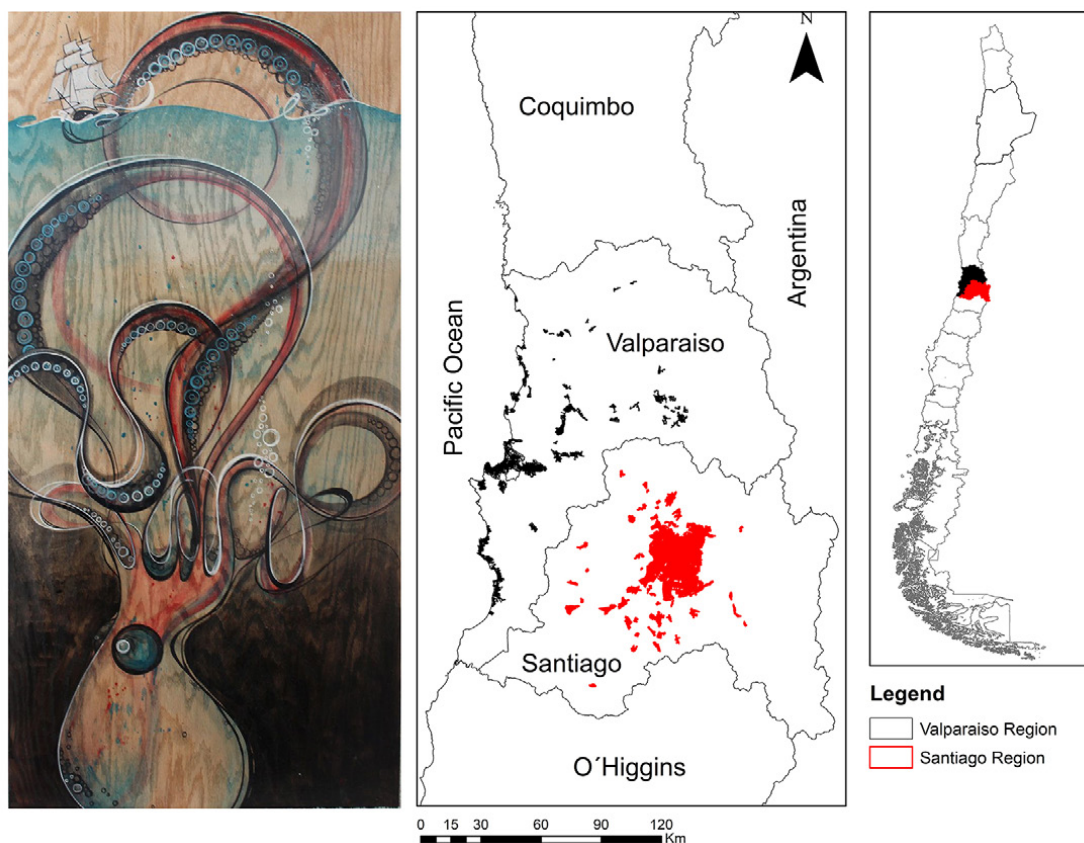
En general, la investigación ha descrito la contabilidad de la vivienda en las metrópolis chilenas, enfatizando en que los resultados territoriales de esta vía de producción espacial están en la segregación, exclusión o

polarización espacial (Inzulza & Galleguillos, 2014; Godoy-Ossandón et al., 2023). La invocación al Kraken, mitológica bestia marina encarnada en un pulpo de grandes dimensiones, capaz de tragar a las naves que transitaban por mares oscuros, infundiendo temor en los navegantes durante siglos resulta pertinente para leer estas trayectorias recientes en la región urbana central chilena. Sus tentáculos capturaban barcos, conducidos con violencia hacia aguas más profundas junto a su tripulación, de la cual nunca más se tenían noticias. Incluir su leyenda como metáfora en el presente estudio, refleja la intención de jugar con las formas espaciales que el desarrollo subsidiario de la vivienda ha tenido en Chile.

En Postmetrópolis, Edward Soja relata las transformaciones de Los Ángeles evocando a un pulpo cuyos tentáculos radiales dibujan las rutas de su expansión urbana y producen una forma regional excepcional para los Estados Unidos (Soja, 2008). Esto último es lo que configura al Kraken en tanto narrador espacial del Estado Neoliberal chileno. Primero, porque su extensión en la región urbana central, conformada por las áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso están articuladas en sus cuerpos de ciudad a través de corredores residenciales densificados por viviendas subsidiadas suburbanas, cuyos territorios redibujan a los poblados menores, siendo el Gran Santiago el cuerpo de la bestia y los corredores sus tentáculos, con los que dan caza al Gran Valparaíso y sus conurbaciones norte (Quintero-Los Molles) y sur (Santo Domingo-Algarrobo) hasta llegar a la captura de esta última ciudad, como si esta última fuera una errante embarcación (Alvarado, 2019).

Segundo, si bien se hace referencia a las formas, lo cierto es que la subjetividad bestial del Kraken Urbano incide en su manifestación territorial. El neoliberalismo ha sido caracterizado como un sistema violento, de rasgos psicopáticos, incapaz de empatizar con otros (Harvey, 2007; Gammon, 2013; Borón et al., 2004). Décadas de políticas subsidiarias han intentado romper con este altamente citado diagnóstico, pero no han conseguido más que darle un rostro humano a través de paisajes de fantasía, mercado y propiedad (Trinder, 2019; Hidalgo et al., 2017a). En suma, más que establecer una crítica coherente y consistente en el tiempo, desde la academia y las contestaciones sociales, el neoliberalismo salió a capturar al Estado convirtiéndolo en una maquinaria de producción propietaria cuya musculatura reside en la estructura subsidiaria residencial, detonante de este Kraken Urbano chileno en la megarregión central del país que, a su vez, es la forma tentacular que entre sí conforman las proyecciones espaciales de ambas metrópolis (Figura 1).

Figura 1. El Kraken, el Kraken Urbano Chileno y la megarregión Santiago-Valparaíso en el centro de Chile



Fuente: izquierda: Ilustración de M. A. Hong Beirut. Derecha: datos cedidos por Transparencia Activa (2023). Elaboración propia

El plan del manuscrito es el siguiente. Desarrollaremos, primero, una discusión sobre el modelo neoliberal chileno, pero no desde la tradicional perspectiva del mercado y las agencias privadas, sino desde el Estado y la producción de bienestar social, que actúa como sostén en el sistema subsidiario de vivienda desde 1990 en adelante. Un segundo momento revisará los impactos de las políticas desarrolladas durante el denominado decenio socialista (2000-2010). Posteriormente, un tercer momento se enfocará en la primera presidencia de derecha electa desde 1958, con Sebastián Piñera (2010-2014) y el retorno de Michele Bachelet en un segundo mandato (2014-2018). Como síntesis espacial de los procesos señalados, la última parte del trabajo está dedicada a la transformación espacial producida por los programas de vivienda, expresados como frentes subsidiarios sobre la región urbana central, describiendo la expansión del Kraken hasta llegar a la forma de una megarregión, confundida en sus límites de inicio y término territorial.

La discusión buscará sintetizar en lo espacial al Kraken y la producción de nuevas formas residenciales con base a una dimensión del neoliberalismo chileno que, como modelo de financiarización estatal, tiende a ser menos abstracta y más estimable que aquella sustentada en bonos de deuda futura y la especulación de los brókeres. Bajo estos supuestos, el objetivo del manuscrito está en la descripción espacial de una transformación territorial mayor en las formas de las ciudades chilenas a partir de la realización de metas políticas de bienestar social, centradas en la vivienda en tanto objeto patrimonial a escala familiar y, desde aquí, observar a la bestia Kraken moverse en la zona más habitada del país.

La hipótesis posible está en reconocer el vigor de las operaciones residenciales subsidiadas por sobre el objeto de la vivienda, siendo este el eje hegemónico de las perspectivas críticas que van desde el derecho a la ciudad hasta las tramas financiarizadas de las ciudades latinoamericanas. Si el neoliberalismo chileno ha tenido la capacidad de reproducirse por sobre sus márgenes fundacionales, incluso exportar algunas de sus iniciativas, se debe a que el Estado soporta al carro mayor de este tren de consecuencias espaciales que han dado forma al Kraken. Veamos.

2. Metodología

Los datos analizados corresponden a los subsidios concentrados por los municipios que componen la megarregión Santiago-Valparaíso, considerando fechas límites a las señaladas como marco temporal entre 2000 y 2018. Esta selección asume que la fusión, derogación o ajuste de los instrumentos subsidiarios forma parte de la actualización y sofisticación del modelo de provisión fiscal de aportes residenciales, por lo que se trabaja con base a casos específicos de subsidios.

La información recopilada corresponde a solicitudes realizadas a los Servicios de Vivienda y Urbanización correspondientes a las regiones de Valparaíso y Metropolitana de Santiago respecto a los subsidios habitacionales entregados entre los años 2000 a 2018. La solicitud se gestionó a través de la plataforma Transparencia Activa, destinada por ley a informar a la ciudadanía de las actividades de cada dependencia estatal. Algunas de las leyes son derogadas y otras aparecen como formas renovadas de las anteriores¹. Lo anterior se revisará con base a las transformaciones demográficas en la población de la megarregión en el periodo intercensal 1992-2002-2017, atendiendo que el Censo chileno es un ejercicio basado en la vivienda en tanto pilar socioespacial de catastro².

A partir de estos requerimientos se construyó una base de datos organizada por comuna, siendo esta unidad administrativa territorial la que contribuye al dibujo espacial del Kraken. Esto se debe a que no todas las comunas participan en la recepción de los subsidios habitacionales, lo que incide en las conurbaciones que dan forma a la megarregión que propone debatir el manuscrito.

Los resultados de estas recopilaciones se proyectan en tablas sistematizadoras de la información recolectada para su análisis y discusión, además de las cartografías que ilustran la formas del Kraken en la región urbana central de Chile. Si bien el aparato crítico del manuscrito apunta a las relaciones históricas y territoriales descriptivas, en la discusión se busca ensamblar estos resultados para dar cuenta de categorías que organicen el periodo analizado a partir de estas fuentes y sus cruces territoriales.

1 Transparencia Activa depende del Consejo para la Transparencia, creado por ley en 2009. Más información sobre su naturaleza y alcances puede conocerse en el sitio web <https://www.portaltransparencia.cl/PortalPdT/>

2 Cabe destacar que el Censo de 2012 ha sido declarado inválido por informes de auditoría internacional y nacional, por lo que no se contabiliza dentro de las muestras para este estudio. Es posible acceder al informe disponible en el sitio del Instituto Nacional de Estadísticas, cuyo enlace está disponible en la sección Referencias (INE, 2014).

3. Resultados

3.1. La política habitacional de los subsidios en Chile: un ejercicio histórico en la provisión de viviendas

El siglo XX chileno está marcado por una economía política de la propiedad para el combate de la pobreza y miseria, particularmente en las principales ciudades del país (Gilbert, 2004; Álvarez & Cavieres, 2016; Cáceres-Seguella, 2017). La institucionalidad chilena tomó, de esta forma, una adaptación del tipo *New Deal* que, emulando las acciones del presidente Franklin D. Roosevelt en los Estados Unidos de años treinta, puso sus esfuerzos en infraestructura, vivienda y entorno para la construcción de una clase media moderna a partir de la contención de los asentamientos informales y la permanente necesidad de generar empleos (von Hoffman, 2009; Zenteno et al., 2020; Abufhele, 2024). Este proyecto de modernización residencial conecta las trayectorias de Santiago y Valparaíso a partir del desarrollo de las ciudades intermedias, donde la vivienda es el principal vehículo de progreso patrimonial familiar (Salcedo, 2010).

Parte importante de este desarrollo de ciudades intermedias radica en la destrucción del monopolio sobre los suelos rurales, iniciada por la reforma agraria en 1962, lo que entregó propiedad al campesinado, actor históricamente expoliado de los derechos sociales (Pavez, 2018). Con la Junta Militar en el poder la reforma se detiene y rompe por vía legal, con la promulgación del decreto supremo N°3516 que permite la subdivisión predial de la propiedad rural para fines no productivos, denominados también de agrado (DL N°3516, 1980; Camus & Hajek, 1998; Olea, 2017; Pisani & Micheletti, 2020). Es así como sobre los cinturones periurbanos de Santiago y Valparaíso avanzaron proyectos habitacionales en favor de la erradicación de tomas y campamentos localizados en los centros de ambas metrópolis durante la segunda mitad del siglo XX (Carr, 2009; Mansilla & Fuenzalida, 2010; Cárdenas et al., 2016).

La ocupación habitacional en lo que se entenderá como región urbana central está marcada por proyectos habitacionales muy diversos en sus orígenes. Si bien las periferias metropolitanas contuvieron el avance de la vivienda social por décadas, para inicios del siglo XXI la tendencia hacia un periurbano más diverso socialmente —pero no integrado— tuvo un fuerte impulso desde las políticas públicas (Sabatini & Salcedo, 2007; Sabatini et al., 2012; Hidalgo et al., 2016). Estas edificaciones insertaron un escenario inédito, que tiene sus orígenes en la consolidación espacial del neoliberalismo con rostro humano (Richards, 1995; Hidalgo et al., 2017a; Tapia Barría, 2018).

Lo curioso del enfoque que proponemos está precisamente en dicha consolidación. El siglo XX había mostrado que el gasto fiscal y las hipotecas entregadas por diversos agentes de crédito, como fueron las cajas de seguros previsionales de los gremios laborales de empleados públicos y privados, permitieron a las clases trabajadoras acceder a viviendas con óptima localización respecto de los centros ocupacionales, universidades, escuelas y servicios (Raposo, 1999). Esta vocación centrista no fue expansiva hacia las clases populares; para ellos la solución estuvo en salir de los límites urbanos considerados por la legislación territorial, hacia nuevos emplazamientos carentes de esta estructura urbana mínima (Zunino & Hidalgo, 2011). Las explicaciones de este proceso desigual siguen siendo controversiales, caracterizadas por el desarme de la politización de izquierda arraigada en tomas y campamentos, pero también por la apertura de nuevos frentes de urbanización que fueron capaces de redefinir las estructuras espaciales de las ciudades, transitando Santiago y Valparaíso hacia un nuevo dibujo metropolitano (Kusnetzoff, 1987).

Hacia el término de la dictadura militar en 1990, y siguiendo la tradición urbana francesa, se implementaron zonas de desarrollo urbano condicionado (ZODUC) en Santiago y Valparaíso con los grandes proyectos inmobiliarios de Chicureo (Colina) y Curauma (Valparaíso) (Lukas et al., 2020). Sin embargo, la ausencia de operaciones subsidiarias masivas rompió la tendencia hacia las viviendas sociales y permitió la construcción de suburbios. Desde aquí, esta fijación suburbana de las clases medias se perfeccionó hasta generar, por ejemplo, la inclusión de la Provincia de Chacabuco al área metropolitana de Santiago en el Plan Regulador Metropolitano de 1994 (Lukas & López-Morales, 2018).

Las evidencias en la progresión demográfica en ambas regiones se manifiestan en diversos resultados. Por un lado, las geografías resultantes señalan un componente de alta concentración residencial hacia las periferias metropolitanas, pero también la desagregación urbana en policentralidades que posibilitaron la ramificación de los nuevos entornos habitacionales incidiendo en el avance en la producción de viviendas y el asiento de nuevos habitantes, tanto en Santiago como en Valparaíso (Tabla 1) (Truffello & Hidalgo, 2015; Fuentes & Pezoa, 2018).

Tabla 1. Progresión población, vivienda y subsidio en Valparaíso y Santiago para periodos intercensales

	Año	Población	Viviendas	Subsidios
Región de Valparaíso	1992	1.384.336	409.026	10.972
	2002	1.539.852	532.641	46.884
	2017	1.790.219	774.782	87.315
Región Metropolitana de Santiago	Año	Población	Viviendas	Subsidios
	1992	5.257.937	1.286.486	64.728
	2002	6.061.185	1.643.892	173.057
	2017	7.036.092	2.310.167	268.807

Nota: Los datos corresponden a Censos de Población y Vivienda realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE). El Censo de 2012 fue declarado inválido por una Comisión Internacional y se realizó en 2017 una encuesta abreviada. El detalle de esta situación está disponible en <http://www.ine.cl/estadisticas/censos/censos-de-poblacion-y-vivienda>. La información de los subsidios efectivos corresponde a Transparencia Activa para el periodo en estudio.

Fuente: INE-Transparencia Activa. Elaboración propia

El objetivo de sostener la ciudad bajo la propiedad desencadenó dos metrópolis expandidas, capaces de contener un poco más de la mitad de la población nacional total, fenómeno imparable identificado por los periodos entre los censos de vivienda de 1992, 2002 y 2017. Entre los últimos dos decenios se ubica la mayor penetración de las políticas de vivienda que han dado forma a la base del Kraken urbano, donde Santiago se configura como una bestia gigante que sale a la captura de las ciudades que le rodean, simulando a la figura mítica en los brazos habitacionales desprendidos de su centralidad.

La última década del siglo XX se abre a la renovación del neoliberalismo desde el Estado. A la ausencia de un modelo público-privado similar al de Brasil, la orientación de esta etapa reside en consolidar el diseño del Estado Neoliberal chileno a partir del fomento a la iniciativa privada de participación en el negocio inmobiliario subsidiario (Máximo & Royer, 2021). Este último constituye un activo que las operaciones inmobiliarias reciben libre de gravámenes, basándose en un principio de libre elección disponible, por ejemplo, en el decreto supremo N°19 de 2016, denominado Programa de Integración Social y Territorial (DS N°19, 2016). Esta relación indirecta entre el Estado y la empresa privada permite la edificación del bienestar social promovido por el Estado Neoliberal chileno, cuyo centro es la propiedad individual sobre objetos urbanos, como acontece con la vivienda (Richards, 1995). No se trata solo de proveer vivienda masivamente hacia los sectores vulnerables, sino también entregar la oportunidad subsidiaria a la clase emergente y llevarla hacia un régimen de propiedad urbana con participación de hipotecas.

Una parte olvidada del neoliberalismo chileno está en los trabajos de la Corporación de Estudios para Latinoamérica, CIEPLAN. Como muchos centros de investigación durante la dictadura, CIEPLAN generó alternativas al modelo en ristre, entre los que destaca la necesidad de acoplar hipotecas al subsidio con la finalidad de aproximar a los sectores medios emergentes a la propiedad residencial (Arellano, 1976). Este proceso arrancó en 1988 desde el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU, y trazó la modernización del sistema de acceso habitacional con el decreto supremo N°44 del mismo año, sustentado en la participación de tres componentes: el ahorro de los jefes de hogar postulantes, el crédito hipotecario entregado por los bancos comerciales y el subsidio habitacional (DS N°44, 1988; Alvarado, 2019). Esta regla ha imperado sin cambios mayores hasta la actualidad, variando los montos según la clase social de origen de los postulantes y los precios de las viviendas a las que pueden acceder. La variación no es significativa en la participación de las hipotecas, pues participan diferenciadamente según los requerimientos de los dos primeros elementos, como se verá en los ejemplos siguientes.

Terminado el periodo dictatorial, reconocido en la literatura como constructor del neoliberalismo chileno, se identifican procesos de continuidad política en los sistemas de acceso a la vivienda para las clases populares y medias (Daher, 1990; Posner, 2012). Para finales de los noventa, la oferta de subsidios transitó por diversas necesidades de cobertura para la construcción colectiva, individual, viviendas rurales, compraventa de viviendas nuevas y usadas, que recién fue intervenida en 2004, con una nueva ley de subsidio habitacional, contenida en el decreto supremo N°40 de dicho año (DS N°40, 2004). Esta norma regula la forma de producción de propiedad en el decenio socialista que gobernó en Chile de la mano de dos presidencias: Ricardo Lagos (2000-2006) y Michele Bachelet (2006-2010).

3.2. La sofisticación: el decenio socialista 2000-2010

La transformación política y social más importante luego de la dictadura militar fue gestionada durante las presidencias de los socialistas Ricardo Lagos y Michele Bachelet. Inspirados ambos gobiernos en una mayor equidad social, intervinieron áreas del desarrollo socioeconómico que durante el decenio anterior no habían sido prioritarias. De esta forma se instala la necesidad de profundizar transformaciones en educación, salud, infraestructura y vivienda.

3.2.1. Ricardo Lagos (2000-2006)

En el caso de las políticas propietarias habitacionales, la presidencia de Lagos toma el testimonio del periodo anterior, al incentivar los proyectos masivos de edificación para vivienda social con base en sistemas de subsidio habitacional de oferta única. Las unidades posibles de ser adquiridas al término de la década de los noventa tenían una localización periférica, eran casas o departamentos similares en diseño y distribución de espacios interiores, contaban con entornos comunes limitados y no estaban servidas en infraestructura educacional, de salud o comercial. Esta condición fue combatida por la presidencia de Lagos con una nueva normativa subsidiaria, que terminaría con el concepto de vivienda social vigente desde 1988. El decreto N°40 de 2004 elimina el apellido social de los aportes fiscales habitacionales definiéndola a contar de este año como vivienda subsidiada, sumándose la validación de los pilares ahorro, crédito hipotecario y subsidio estatal. Con todo, se adquirieron 36.318 viviendas en Santiago y 5.511 en Valparaíso durante los años de vigencia de este subsidio (2004-2011). La diferencia con el modelo anterior está en que se abre a la libre elección, a la posibilidad de la ciudadanía interesada para seleccionar dentro de una oferta diversa en precios, localización y servicios asociados, una vivienda menos homogénea que las entregadas en las décadas anteriores.

Lagos, el presidente cuyo lema de campaña fue “Crecer con Igualdad” trabajó en la amplificación del aporte estatal para que dejara de ser social en sus fines y formas. Cabe destacar, de todas maneras, que lo había dejado de ser desde los ochenta, cuando la banca comercial ingresó directamente a participar del financiamiento de hipotecas, lo que representa un hito más en la consolidación del neoliberalismo (Gilbert, 2004; Hidalgo, 2005; de Mattos, 2016). Son estos ajustes los que precisamente impactan en la consolidación de un Estado Neoliberal Chileno donde el bienestar es una razón reificada y patrimonial.

La teoría de esta forma política del Estado fue trabajada tempranamente sobre el modelo chileno por Richards y Hojman. El primero destacó que el neoliberalismo instalado *vía manu militari* estableció inicialmente un Estado mínimo que, con posterioridad a la crisis de 1983, tuvo que regular sus bases institucionales y rectificar el rol de los agentes privados intervinientes en las áreas claves del desarrollo social: salud, vivienda y educación, particularmente. La vivienda se centró en los mecanismos normativos, los subsidios, para solventar la demanda habitacional de las clases bajas y medias-emergentes que, junto a los agentes privados se acoplaron a las nuevas políticas habitacionales direccionadas desde el Estado (Richards, 1995). No es posible, por lo tanto, hablar de un modelo desprovisto de participación estatal como se ha querido mostrar en los últimos años.

Para Hojman (1993), en segundo lugar, el Estado Neoliberal de Bienestar está centrado en una tecnocracia de alta eficiencia, capaz de absorber las tensiones del mercado y atender las demandas populares centradas en las áreas claves del desarrollo social, quedándole al Estado y sus agencias el administrar las tensiones sociales a través de la conducción política de las demandas ciudadanas. Proyectado a la política instalada en el gobierno de Lagos, coincide con el sentido de administrar la igualdad, a partir de un sistema de subsidios del cual participa activamente la banca.

El leitmotiv de Lagos se materializó en el énfasis mesocrático del subsidio, quitándole la etiqueta de social promoviéndolo como de vivienda subsidiada enfocado hacia las clases medias denominadas emergentes, con capacidad bancaria y de trabajo formal. De esta forma, una política que debía ser inclusiva terminó por ser excluyente, dejando a quienes no estaban definidos en los márgenes de estas características fuera de la competencia subsidiaria de la propiedad.

3.2.2. Michele Bachelet (2006-2010)³

La primera presidenta de la historia de Chile representó una serie de hitos en la trayectoria democrática reciente. Particularmente porque la continuidad al leitmotiv del sucesor radicó en el Chile Crece Contigo, esta

³ La presidencia de Michele Bachelet y las siguientes son más cortas que las anteriores debido al cambio constitucional en los periodos presidenciales de seis a cuatro años. El caso de Patricio Aylwin es distinto, al tratarse de un presidente de transición desde dictadura a democracia, por lo que su periodo de cuatro años es excepcional (1990-1994).

vez con base en un ecosistema subsidiario de asistencia denominado Chile Solidario, concebido como red de protección social en sintonía con los lineamientos del Banco Mundial respecto a redes estatales de apoyo multidimensional (Galasso, 2011; Larrañaga et al., 2012). Sus alcances se distribuyeron por los distintos sectores de la administración estatal, desplegando acciones de apoyo a las clases bajas con un sistema de subsidios diversificado en áreas antes no consideradas como maternidad, escolaridad, empleo joven y discapacidades, entre otros. Esta red reclasificó las formas de intervenir espacialmente la pobreza, pues identificó demandas de tipo diverso en zonas donde la regla indicaba que existían situaciones únicamente pendientes en materia de vivienda, por ejemplo.

De la mano con lo anterior, el gobierno de Bachelet enfrentó movimientos sociales muy distintos a los que anteriormente habían establecidos los márgenes de la lucha por derechos y accesos. Los nuevos grupos de contestación ciudadana tenían una formación política y académica más sofisticada que los anteriores (Salcedo, 2010; Bruey, 2012; Hölzl, 2018). Los argumentos detentaban críticas a los modelos de provisión para vivienda por la masividad de sus operaciones, las condiciones de entorno y hábitat residencial, además de la localización de la oferta de viviendas subsidiadas, que continuaba dejándoles en posición de precariópolis, pero en régimen de propiedad (Hidalgo et al., 2017b).

Como mecanismo de respuesta, el gobierno socialista diseñó políticas de subsidio habitacional capaces de conjugar las demandas de los grupos interesados, pero con atención a las bases instaladas por el gobierno anterior de asegurar la libertad de elección como mecanismo clave en la apertura de los nuevos espacios para la vivienda subsidiada. El sentido de continuidad y profundización se refleja en nuevos subsidios que apuntan a la búsqueda de viviendas usadas con localización mínima respecto servicios como centros de salud primaria, escuelas, jardines infantiles y parques recreacionales. Al mismo tiempo, se establece un subsidio para la construcción colectiva de viviendas destinado a los movimientos sociales constituidos como agrupaciones de derecho privado, capaces de adquirir obligaciones jurídicas. Aquí, el ingreso de las Entidades de Gestión Inmobiliaria Social (EGIS) fue relevante en el apoyo a la adjudicación de proyectos y la elección de las zonas para edificar las residencias finales (González-Rodríguez, 2017).

3.2.3. Sebastián Piñera (2010-2014) y Michele Bachelet (2014-2018)

El gobierno de Bachelet cerró el decenio socialista enfrentando la crisis global de 2008 (Coq-Huelva, 2013) y el terremoto Mw 8.8 de 2010 en la zona centro sur del país (Lara et al., 2018). La década de 2010 se abre con la presidencia de Sebastián Piñera, que podría haber modificado sustancialmente lo realizado por sus antecesores. Sin embargo, su gobierno avanzó hacia un escenario inédito en la consolidación del Estado Neoliberal chileno junto a sus roles y acciones de bienestar en la apertura hacia los sectores medios desde la política habitacional. Este periodo marca hacia adelante las políticas de inclusión para la clase media, bajo el entendido que el foco de atención había estado precisamente en los sectores más pobres y en condición de precariedad. Este énfasis se vio coronado con una política diseñada para una ciudadanía con mayor capacidad adquisitiva e hipotecaria.

El subsidio insignia de este periodo es el decreto supremo N°1 de 2011, conocido como Sistema Integrado de Subsidio Habitacional (DS N°1, 2011). Sus efectos están depositados particularmente en su cobertura hacia la clase media, los que se dividen en dos tramos:

- a. Título I, que corresponde a los sectores de ingreso medio con capacidad hipotecaria divididos entre quienes adquieren residencias nuevas o usadas con precios de hasta 42.594 USD alcanzado el aporte fiscal los 23.233 USD. Estos montos también aplican cuando se trata de agrupaciones de grupos familiares, con mínimo de diez, para construcción colectiva de condominios sociales.
- b. Título II, que corresponde a un monto mayor alcanzando una cobertura de hasta 61.955 USD en la construcción de viviendas en sitio propio o compartido incluyendo zonas periurbanas con un aporte fiscal de 23.233 USD.

En ambos títulos proceden el ahorro y la hipoteca, aunque la característica espacial más destacable de estos aportes está en los impactos sobre la urbanización y generación de ciudad, pues promueve operaciones de renovación habitacional y el ingreso de nuevos servicios (Tapia Zarricueta, 2014). Pero también permiten advertir la necesidad de contención del conflicto y desencuentro social en situaciones de producción urbana. La clase media era el problema por solucionar. Antes de fomentar alguna inclusión, lo que generan los subsidios orientados a los sectores emergentes es una nueva forma de aislamiento suburbano, siendo este

estrato el que sale de los pericentros que ocupó hasta su emancipación y arriba a las nuevas áreas urbanas o de renovación, alternativa única de emplazamiento residencial en el contexto del Kraken.

Sin embargo, es en el segundo mandato de Michele Bachelet que las políticas de integración urbana toman un nuevo impulso. El Programa de Integración Social y Territorial del decreto supremo N°19 de 2016 es el primer resultado de un conjunto de políticas para la compra de viviendas subsidiadas para las clases bajas y medias (DS N°19, 2016). Propulsada por un sistema de concurso público, los operadores inmobiliarios proponen proyectos con las características establecidas por el programa y, de esta manera, ingresar a un nicho de mercado financiado con recursos públicos y eventual éxito comercial, debido a las condiciones estructurales del déficit habitacional. La base de estas acciones estaría en la estructura de aportes fijada por el Estado a través del MINVU (Tabla 2).

Tabla 2. Cobertura subsidiaria DS N°19 de 2016 (en dólares de los Estados Unidos de América)

Porcentaje de participación	Valor máximo viviendas	Aporte máximo subsidio	Ahorro solicitado
Desde 20 a 60 por ciento de familias vulnerables como mínimo	42.392	30.830	Mínimo 1.926
40 a 80 por ciento de familias de sectores medios	100.200	15.415	Mínimo 3.853

Fuente: datos DS N°19, 2016, última modificación en diciembre de 2023. Elaboración propia

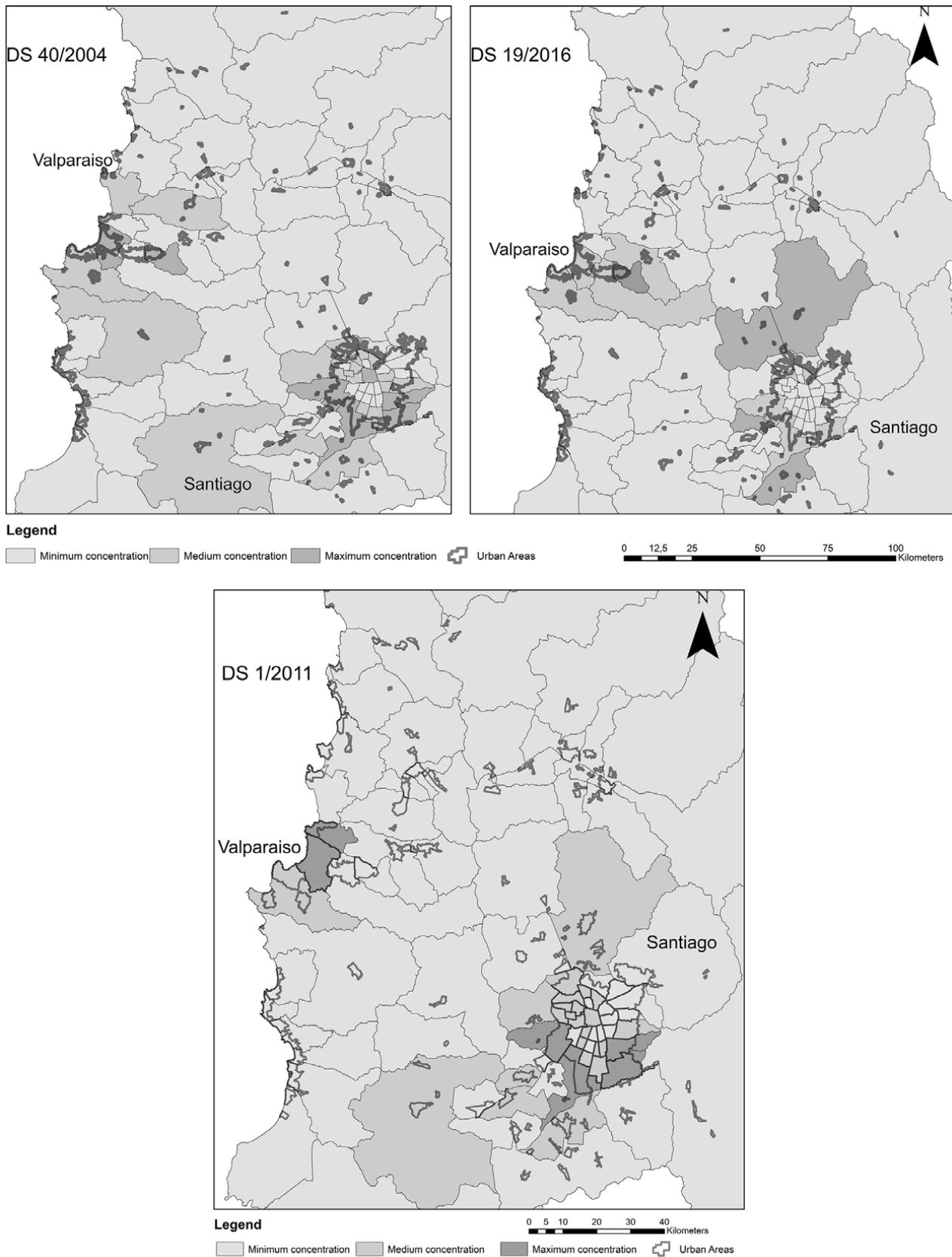
Lo interesante del decreto supremo N°19 de 2016 está en su función política. Diseñado a partir de una declaración sobre lo que una ciudad justa debe ser, es bajo un gobierno socialista que la integración espacial y urbana se convierte en un artefacto de mercado. Si las personas pobres habían sido despojadas de lo urbano y lanzadas hacia las periferias en la década de los ochenta, hacia 2010 la apuesta estaría en utilizar a los operadores inmobiliarios en la producción de una oferta de viviendas más atractivas para quienes por su capacidad de endeudamiento bancario, habían decidido alejarse de ellos. El Programa de Integración Social y Territorial lo explica con claridad al relevar que, si bien las coberturas habitacionales han sido óptimas en los anteriores decenios, la situación de segregación urbana, estratificación socio-espacial o fragmentación habitacional —como sea el enfoque que desee aplicarse— ha topado con sus propios límites. Dice la norma:

1. Que es decisión del Estado contribuir a revertir el déficit habitacional y la segregación socio espacial, en regiones, ciudades y comunas con mayor demanda habitacional insatisfecha, favoreciendo la integración social, reduciendo inequidades y fortaleciendo la participación ciudadana a través de políticas, programas e iniciativas destinadas a generar viviendas de calidad, barrios equipados y ciudades integradas social y territorialmente.
2. Que es interés del Estado facilitar el acceso a una vivienda en proyectos socialmente integrados, a las familias beneficiarias de un subsidio que no ha podido ser materializado y a nuevas familias que requieren del apoyo del Estado para financiar su vivienda.
3. La necesidad de contribuir a la generación de empleo y a activar la industria de la construcción, mediante incentivos a la ejecución de proyectos habitacionales para compra de vivienda con subsidio del Estado. (DS N°19, 2016, Considerando).

De forma sintética, el decreto supremo N°19 enfatiza que la integración en el espacio urbano debe realizarse con la participación de todos sus agentes, considerando que las cualidades humanas antes relevadas, como la organización solidaria y el encuentro social en la ciudad, solo podrán conseguirse con la participación de los operadores inmobiliarios.

Los siguientes mapas expresan el aporte de los distintos subsidios en la forma actual del Kraken Urbano Chileno (Figura 2). Se detalla la progresión de los subsidios descritos anteriormente y sus aportes en la construcción de una megarregión aun indeterminada en sus límites, que permite modelar los eventuales escenarios de consolidación de un espacio urbano inédito en la historia de Chile, fiel testigo material y espacial del Estado Neoliberal Chileno de bienestar.

Figura 2. Políticas subsidiarias materializando una megarregión residencial en el Chile Central



Nota: La concentración representa la división en quiebres naturales de subsidios seleccionados otorgados en unidades espaciales metropolitanas de Santiago y Valparaíso. No se estandarizan valores mínimos, medios o máximos, se pretende describir las áreas con mayor impacto subsidiario.

Fuente: datos de Transparencia Activa. Elaboración propia

4. Discusión: El Kraken Urbano Chileno

Esta clausura es clave para entender el sentido espacial del Kraken Urbano Chileno. Al extinguirse la obligación de producir una ciudad solidaria como un alto bien social, la bestia mitológica cobra vida desde su forma y se aproxima con velocidad a disolverse entre miles de viviendas que articulan las metrópolis de Santiago y Valparaíso. La megarregión no está señalada en los planes de la administración territorial, es el resultado material de políticas que buscan romper con la injusticia urbana a partir de más y más vivienda.

La expansión urbana en Chile tiene dos históricas perspectivas. La primera está justificada por el desarrollo de la infraestructura con el traslado de la industria, anteriormente emplazada en las zonas centrales, particularmente hacia finales de los 1990, situación que acontece en Valparaíso y Santiago metropolitanos (Vergara-Constela & Casellas, 2016; Opillard, 2017; Sagaris & Landon, 2017). Una segunda mirada considera que el crecimiento de las ciudades ha sido un proceso sostenido de apertura para nuevos frentes de expansión de la propiedad habitacional, que deforman el trazado histórico de las ciudades chilenas en función de nuevas y masivas edificaciones (Tapia Zarricueta, 2014). Ambas aportan a la lectura del Kraken Urbano Chileno, pero la definición de megarregiones explica en su proyección temporal.

Entenderemos como megarregión a la deformación espacial de una o más áreas metropolitanas, a partir de las formas de expansión urbana que experimentan a partir de los dos procesos señalados en el párrafo anterior (Lencioni, 1999). La diferencia desde el Kraken está en que son los subsidios habitacionales los que impulsan los tentáculos de esta antigua bestia.

El Estado, al incentivar la propiedad sobre las viviendas como un mecanismo legítimo para reducir las diferencias urbanas —definidas como sinónimos entre injusticias o inequidades—, propicia el nuevo dibujo de la megarregión. Históricamente, la vivienda social urbanizó los espacios periféricos metropolitanos y contribuyó a que el suburbio chileno no fuera como los del Norte Global, donde la tendencia de ocupación periférica estuvo en hacia las clases con mayores recursos (Walks, 2013; Keil, 2018; Sawyer et al., 2021; Phelps et al., 2023). Que las periferias chilenas no sean las de otras regiones, tanto en forma material como en destino de clase, es otra de las excepcionalidades del neoliberalismo chileno. Mientras las clases medias blancas y protestantes fueron tomándose los bordes urbanos en ciudades medias de Estados Unidos, en Chile la tendencia de los noventa estuvo en infiltrar las comunas periurbanas y rurales con operaciones habitacionales hasta concebir los tentáculos del Kraken (Armijo, 2000; Anacker, 2022).

El fenómeno criticado por las tendencias académicas más radicales en Chile fue fomentado por los gobiernos de los 1990 y sofisticado hacia el siglo XXI, pero con otro tipo de subsidios, como el Programa de Integración Social y Territorial del decreto supremo N°19. El trabajo de infraestructura, servicios, escuelas y centros de salud había comenzado gracias a las viviendas más baratas, abriendo paso a las más costosas. El modelo del bienestar social neoliberal sostenido por el Estado chileno demostraba que el mercado sí integraba, bajo sus reglas, pero integraba, a fin de cuentas.

Aquí está la mayor de las tensiones. La integración social se ha convertido en una nueva forma de impulsar megarregiones, que no solo desarman cualquier zonificación establecida por ley, sino que deforman el alcance de las políticas subsidiarias y su sentido distributivo entre dos metrópolis distintas, como es el caso de Santiago y Valparaíso. Dada la eventual conurbación efectiva de ambas unidades urbanas, sin importar la ideología de quienes gobiernan, el sentido de integración queda reducido a la suma de unidades de vivienda entregadas efectivamente en un periodo presidencial.

5. Conclusiones

Más allá de las formas, el sentido que se ha pretendido desarrollar acerca del Kraken Urbano chileno manifiesta la complejidad en la producción de vivienda generada como alternativa desde el Estado con participación de agentes inmobiliarios. El Kraken es una metáfora que busca describir la aglomeración sostenida de población en una zona del país que históricamente ha contenido las distintas dimensiones de las modernizaciones, entre ellas las neoliberales. Podrá decirse que las megarregiones constituyen una categoría geográfica sobre el dibujo de las metrópolis en expansión, pero cuando los límites son desbordados por la vivienda como acción material de un conjunto de políticas, la situación de un neoliberalismo sin Estado se diluye. Esta intensidad, detonada por la propietarización y la expansión suburbana y periurbana de ambas metrópolis está forzando una entidad no contenida en el ordenamiento jurídico territorial del país que, en los hechos, se rige por las limitadas normativas que alcanzan a cubrir los nuevos gobiernos regionales.

Cabe un punto político en estas consideraciones. El neoliberalismo chileno sin el Estado no es viable. La capacidad adaptativa de las políticas en el marco de un socialismo vinculado a las reglas del mercado deja en evidencia, desde la maquinaria subsidiaria de la vivienda, que las democracias electorales no logran distribuir algo distinto a la propiedad de la vivienda como artefacto de bienestar. Es cierto que los aportes fiscales a la vivienda han aumentado progresivamente desde 1990 en adelante, y quizás el decenio socialista podrá anotarlos dentro de sus logros más sonados, pero certero es recoger que sobre la política habitacional chilena pesa un acuerdo de gobernabilidad que supera las barreras ideológicas. Luego del 2010 y con la presidencial de Piñera, la situación subsidiaria no decayó; más bien se sofisticó al punto de aumentar la oferta subsidiaria a la clase media, por la vía del Programa de Integración Social y Territorial (DS N°19, 2016).

El bienestar es el objetivo no declarado más consistente de todas las reformas neoliberales que han seguido actualizándose. La vivienda del Estado Neoliberal Chileno representa en lo objetual este logro, convirtiéndolo en el principal de los objetivos mínimos sociales conducentes al bienestar social. Los subsidios dedicados a la clase media son, de cierta forma, los que aportan a la consolidación espacial del Kraken y la megarregión. Como se observa en las imágenes anteriores, son estos subsidios los que, entre otros, contribuyen al avance mayor de los frentes habitacionales de expansión urbana entre ambas metrópolis. Es de esperar que los diseños en infraestructura, servicios y ocupaciones laborales aporten sustantivamente a que estos números solo aumente hacia los próximos años.

Uno de los aportes de este trabajo está en organizar a la memoria. La inserción de los agentes privados en las denominadas soluciones habitacionales no tiene novedad con el neoliberalismo, como sí acontece en el caso de la incorporación de la banca, lo que sí forma parte de la modernización del Estado que los militares junto a los civiles al mando del poder dictatorial organizaron para la creación de las vísceras que dan forma y musculatura al Kraken. En esta misma línea, cabe destacar la necesidad de avanzar hacia estimaciones basadas en agregación de superficie construida, como ya se presenta en otros casos chilenos (Inostroza, 2018; Münzenmayer, 2018; Verichev et al., 2018). La fortaleza de estas metodologías reside en la capacidad de evaluación sobre las transformaciones del medio natural con el que conviven los suburbios y zonas periurbanas debido a la inexistencia de instrumentos de planificación territorial que regulen la interfase entre la atomización de la ciudad y la aparición de los espacios rurales. Esto incide en una comprensión más compleja de las dinámicas de expansión residencial, que más atentas están en resolver la trama propietaria que su relación con la naturaleza y las prácticas históricas de trabajo campesino.

Lo anterior llama a no olvidar que la metropolización tendencial Valparaíso-Santiago es un resultado geográfico histórico de múltiples transacciones como estas, entre una población que buscó en el modelo la solución al acceso habitacional y una estructura empresarial que capitalizó las alternativas abiertas por el Estado. Se hace imposible, por lo tanto, hablar de un Estado mínimo en el diseño de una agresiva y progresiva política de subsidios habitacionales. Por el contrario, se trata de una estrategia sofisticada y actualizada en el sentido de las orientaciones y objetivos sociales de todos los gobiernos —izquierdas o derechas— desde 1990 en adelante.

¿Dónde está el bienestar neoliberal, entonces? Precisamente en el aseguramiento de los accesos al curso subsidiario, en el fortalecimiento a la propiedad y en el desarrollo de lo urbano como una dimensión moderna del consumo perpetuo. El propósito del bienestar neoliberal ha sido descrito como un conjunto de afectos, acciones y códigos, generalmente desde reflexiones más filosóficas (Anderson, 2016). Esta propuesta, la del Kraken Urbano Chileno en el marco del Estado Neoliberal de Bienestar buscan convertir estas reflexiones en una cuestión material que debe ser trabajada a futuro, desde una base empírica capaz de sustentar el debate ideológico extraviado por el éxito de políticas como las aquí descritas. El sistema es cruel y salvaje, pero construyó estas formas.

Financiación

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto FONDECYT de Iniciación N°11220778 “Geografías de la suburbanización propietaria en el centro sur de Chile. Estructura subsidiaria residencial y socioespacialidades del bienestar (1990-2022)”. Agradecemos el apoyo del FONDECYT Regular N°1150360 “La política de vivienda social en las áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso: entre la desigualdad y sostenibilidad del desarrollo urbano (1992-2014)”.

Referencias

- Abuffhele, V. (2024). The reproduction of informal settlements in Santiago: Housing policy, cycles of repopulation and the 'politics of poverty' as a regime of government. *Urban Studies*, 61(2), 294-312. <http://doi.org/10.1177/00420980231179349>
- Alvarado, V. (2019). *La faceta espacial del Estado neoliberal chileno: estructura subsidiaria residencial y propiedad en la región urbana central (1990-2016)*. [Tesis de Doctorado Pontificia Universidad Católica de Chile]. Repositorio UC. <https://doi.org/10.7764/tesisUC/GEO/23541>
- Alvarado, V., Paulsen-Espinoza, A., & Hidalgo, R. (2023). Seguridad ontológica y propiedad residencial. Vivienda, bienestar y naturaleza en los suburbios del sur chileno (2011-2023). *Revista de Direito da Cidade*, 15(3), 1454-1478. <http://doi.org/10.12957/rdc.2023.78910>
- Álvarez, A.M. & Cavieres, H. (2016). El Castillo: territorio, sociedad y subjetividades de la espera. *EURE*, 42(125), 155-174. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612016000100007>
- Anacker, K.B. (2022). End of the (Sub)Urban Dream? The Foreclosure Crisis and Unmarried Partnered Same-Sex Households in the United States. In P. Maginn & K.B. Anacker (Eds.), *Suburbia in the 21st Century: From Dreamscape to Nightmare?* (pp. 202-233). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315644165>
- Anderson, B. (2016). Neoliberal affects. *Progress in Human Geography*, 40(6), 734-753. <http://doi.org/10.1177/0309132515613167>
- Arellano, J.P. (1976). *Elementos para una política de vivienda social*. CIEPLAN.
- Armijo, G. (2000). La faceta rural de la Región Metropolitana: entre la suburbanización campesina y la urbanización de la elite. *EURE*, 26(78), 131-135. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612000007800007>
- Borón, A., Gambina, J., & Minsburg, N. (Comps.). (2004). *Tiempos violentos. Neoliberalismo, globalización y desigualdad en América Latina*. CLACSO.
- Borsdorf, A. (2003). Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana. *EURE*, 29(86), 37-49. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612003008600002>
- Bruey, A.J. (2012). Limitless Land and the Redefinition of Rights: Popular Mobilisation and the Limits of Neoliberalism in Chile, 1973-1985. *Journal of Latin American Studies*, 44(3), 523-552. <http://doi.org/10.1017/S0022216X12000399>
- Cáceres-Seguell, C. (2017). Vivienda social periurbana en Santiago de Chile: la exclusión a escala regional del trasurbanita de Santiago de Chile. *Economía, Sociedad y Territorio*, 17(53), 171-198. <http://doi.org/10.22136/est002017664>
- Camus, P., & Hajek, E. (1998). *Historia Ambiental de Chile*. Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Cárdenas, L.A., Vásquez, J.P., Zamorano, J.C., & Acevedo, C. (2016). Explorando luz solar en modelos de desarrollo inmobiliario. Aplicaciones en cinco ciudades chilenas. *Revista de Urbanismo*, 34, 158-173. <https://doi.org/10.5354/ru.v0i34.40394>
- Carr, D. (2009). Population and deforestation: Why rural migration matters. *Progress in Human Geography*, 33(3), 355-378. <http://doi.org/10.1177/0309132508096031>
- Cociña, C. (2021) Housing as urbanism: the role of housing policies in reducing inequalities. Lessons from Puente Alto, Chile. *Housing Studies*, 36(9), 1490-1512. <http://doi.org/10.1080/02673037.2018.1543797>
- Contreras, Y., Neville, L. & González, R. (2019). In-formality in access to housing for Latin American migrants: a case study of an intermediate Chilean city. *International Journal of Housing Policy*, 19(3), 411-435. <http://doi.org/10.1080/19491247.2019.1627841>
- Coq-Huelva, D. (2013). Urbanisation and Financialisation in the Context of a Rescaling State: The Case of Spain. *Antipode*, 45(5), 1213-1231. <http://doi.org/10.1111/anti.12011>
- Cortés Morales, A. (2013). A struggle larger than a house: Pobladores and favelados in Latin American social theory. *Latin American Perspectives*, 40(2), 168-184. <https://doi.org/10.1177/0094582X12467763>
- Daher, A. (1990). Neoliberalismo urbano en Chile. *Estudios Públicos*, 43, 281-299. <https://estudiospublicos.cl/index.php/cep/article/view/1424>

- Daher, A. (2013). El sector inmobiliario y las crisis económicas. *EURE*, 39(118), 47-76. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612013000300003>
- de Mattos, C. (2016). Financiarización, valorización inmobiliaria del capital y mercantilización de la metamorfosis urbana. *Sociologías*, 18(42), 24–52. <https://dx.doi.org/10.1590/15174522-018004202>
- Decreto Ley N°3516 (1980). *Establece normas sobre división de predios rústicos*. Ministerio de Agricultura, República de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=7155>
- Decreto Supremo N°44 (1988). Sistema General Unificado de Subsidio Habitacional. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, República de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=8130>
- Decreto Supremo N°40 (2004). Sistema de Subsidio Habitacional. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, República de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=222664>
- Decreto Supremo N°1 (2011). Sistema Integrado de Subsidio Habitacional. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, República de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1026260> 20 de enero de 2011, Diario Oficial de la República de Chile.
- Decreto Supremo N°19 (2016). Programa de Integración Social y Territorial. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, República de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1092547&idParte=&idVersion=> 14 de mayo de 2016, Diario Oficial de la República de Chile.
- Dohnke, J., Heinrichs, D., Kabisch, S., Krellenberg, K., & Welz, J. (2015). Achieving a Socio-Spatial Mix? Prospects and Limitations of Social Housing Policy in Santiago de Chile. *Housing Studies*, 30(6), 839–857. <http://doi.org/10.1080/02673037.2014.982516>
- Fariás, I. (2016). Improvising a market, making a model: social housing policy in Chile. *Economy and Society*, 43(3), 346–369. <https://doi.org/10.1080/03085147.2014.881596>
- Ffrench-Davis, R. (2016). Progresos y retrocesos del desarrollo económico de Chile en los gobiernos de la Concertación: 1990-2009. *El Trimestre Económico*, 83(329), 5-34. <https://doi.org/10.20430/ete.v83i329.190>
- Fuentes, L., & Pezoa, M. (2018). Nuevas geografías urbanas en Santiago de Chile 1992-2012. Entre la explosión y la implosión de lo metropolitano. *Revista de Geografía Norte Grande*, 70, 131–151. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022018000200131>
- Fuster-Farfán, X. (2023). Exception as a government strategy: contemporary Chile's housing policy. *International Journal of Housing Policy*, 23(3), 437–463. <https://doi.org/10.1080/19491247.2021.1910784>
- Galasso, E. (2011). Alleviating extreme poverty in Chile: the short term effects of Chile Solidario. *Estudios de Economía*, 38(1), 101–127. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-52862011000100005>
- Gammon, E. (2013). The Psycho- and Sociogenesis of Neoliberalism. *Critical Sociology*, 39(4), 511–528. <https://doi.org/10.1177/0896920512444634>
- Gilbert, A. (2004). Helping the poor through housing subsidies: lessons from Chile, Colombia and South Africa. *Habitat International*, 28(1), 13–40. [https://doi.org/10.1016/S0197-3975\(02\)00070-X](https://doi.org/10.1016/S0197-3975(02)00070-X)
- Godoy-Ossandón, A., Godoy- Soto, F., Alfaro-Rivera, M. & Lagos-Marín, T. (2023). La formación de capital social en barrios: una aproximación a través del caso de la población Lo Hermida. *Revista de Urbanismo*, 49, 138–156. <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2023.70313>
- González-Rodríguez, M. (2017). Política de vivienda social en El Bosque. Municipio y experiencias de comités de vivienda en el contexto del Estado subsidiario (2006-2014). *Revista de Geografía Espacios*, 7(14), 40–73. <https://doi.org/10.25074/07197209.14.876>
- Harvey, D. (2007). *Breve historia del neoliberalismo*. Akal.
- Hidalgo, R. (2005). *La vivienda social en Chile y la construcción del espacio urbano en el Santiago del siglo XX*. DIBAM-Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Hidalgo, R., Alvarado, V., & Santana, D. (2016). Los expulsados de la metrópoli: expolio y esquilmo en la locación de la vivienda social en la ciudad neoliberal. Una perspectiva de Santiago y Valparaíso. *Estudios Socioterritoriales*, 20, 41–55. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-43922016000200004&lang=es

- Hidalgo, R., Alvarado, V., & Santana, L. (2017a). La espacialidad neoliberal de la producción de vivienda social en las áreas metropolitanas de Valparaíso y Santiago (1990-2014): ¿hacia la construcción ideológica de un rostro humano? *Cadernos Metr pole*, 19(39), 513–535. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2017-3907>
- Hidalgo, R., Urbina, P., Alvarado, V., & Paulsen, A. (2017b). Desplazados y ¿olvidados?: contradicciones respecto de la satisfacción residencial en Bajos de Mena, Puente Alto, Santiago de Chile. *Revista INVI*, 32, 85–110. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582017000100085>
- Hidalgo-Dattwyler, R., Alvarado-Peterson, V., & Rodríguez-Negrete, L. (2021). La ciudad de Valdivia: centralismo, configuración urbana y políticas de vivienda. Continuidades y contradicciones desde el sur (1909-1990). *Historia*, 54(1), 151-183. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-71942021000100151>
- Hojman, D.E. (1993). *Chile: The political economy of development and democracy in the 1990s*. University of Pittsburgh Press. <https://doi.org/10.1057/9780230376656>
- Hölzl, C. (2018). The Spatial-Political Outcome of Urban Development Conflicts: Emancipatory Dynamics of Protests against Gentrification in Penalol n, Santiago de Chile. *International Journal of Urban and Regional Research*, 42(6), 1008–1029. <http://doi.org/10.1111/1468-2427.12674>
- Inostroza, L. (2018). The circularity of the urban ecosystem material productivity: The transformation of biomass into technomass in Southern Patagonia. *Sustainable Cities and Society*, 39, 335-343. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.03.001>
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2014). Auditoría técnica a la base de datos del levantamiento censal año 2012. https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/censo-de-poblacion-y-vivienda/comites-y-notas-tecnicas/informe-comisión-investigadora-censo-2012/auditoría-técnica-base-de-datos-2012.pdf?sfvrsn=e865c34e_2
- Inzulza, J. & Galleguillos, X. (2014). Latino gentrificación y polarización: transformaciones socioespaciales en barrios pericentrales y periféricos de Santiago, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 58, 135-159. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022014000200008>
- Keil, R. (2018). Extended urbanization, “disjunct fragments” and global suburbanisms. *Environment and Planning D: Society and Space*, 36(3), 494-511. <https://doi.org/10.1177/0263775817749594>
- Koppelman, C.M. (2017). Deepening Demobilization: The State’s Transformation of Civil Society in the Poblaciones of Santiago, Chile. *Latin American Perspectives*, 44(3), 46-63. <https://doi.org/10.1177/0094582X16668316>
- Kusnetzoff, F. (1987). Urban and Housing Policies under Chile’s Military Dictatorship: 1973-1985. *Latin American Perspectives*, 14(2), 157–186. <https://doi.org/10.1177/0094582X8701400203>
- Lara, A., Reyes, L.F., Moreno, J., Quilodr n, P., & Sánchez, K. (2018). Designing happiness? A close-up to the housing reconstruction process after the Chile earthquake and tsunami, on 27 February 2010. *Natural Hazards*, 91(2), 537–551. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3139-1>
- Larrañaga, O., Contreras, D., & Ruiz-Tagle, J. (2012). Impact Evaluation of Chile Solidario: Lessons and Policy Recommendations. *Journal of Latin American Studies*, 44(2), 347–372. <https://doi.org/10.1017/S0022216X12000053>
- Lencioni, S. (1999). *Regi o e Geografia*. EDUSP.
- Lukas, M., & López-Morales, E. (2018). Real estate production, geographies of mobility and spatial contestation: A two-case study in Santiago de Chile. *Journal of Transport Geography*, 67, 92-101. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.09.005>
- Lukas, M., Fragkou, M.C., & Vásquez, A. (2020). Hacia una ecología política de las nuevas periferias urbanas: suelo, agua y poder en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 76, 95-119. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022020000200095>
- Mansilla, P., & Fuenzalida, M. (2010). Procesos de desarrollo urbano-regional y exclusión territorial: Nuevas formas de urbanización en el área metropolitana de Valparaíso. Estudio de caso ciudad de Curauma. *Revista INVI*, 25(69), 103–123. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582010000200003>


- Máximo, R., & Royer, L. (2021). La reforma urbana en Brasil y su semántica. *EURE*, 47(140), 143-158. <https://dx.doi.org/10.7764/eure.47.140.07>
- Münzenmayer, J. (2018). La expansión urbana y la segregación socio-espacial en Santiago. Dimensiones territoriales del fenómeno contemporáneo. *Revista de Geografía Espacios*, 7(14), 4-21. <https://doi.org/10.25074/07197209.14.868>
- Olea, J. (2017). Latifundio y territorio: reflexiones en torno a la reforma agraria en Colchagua, 1960-1973. *Polis*, 47, 83-106. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-65682017000200083>
- Opillard, F. (2017). Real estate predation and resident dispossession. Analysis of the spatial construction of a public problem in Valparaíso, Chile. *Information Geographique*, 81(3), 75-93.
- Pavez, I. (2018). Los partidos frente a la cuestión agraria en Chile, 1946-1973: Representación de intereses, gradualismo y transformación estructural. *Historia*, 51(1), 255-258. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-71942018000100255>
- Phelps, N. A., Maginn, P. J., & Keil, R. (2023). Centring the periphery in urban studies: Notes towards a research agenda on peripheral centralities. *Urban Studies*, 60(6), 1158-1176. <https://doi.org/10.1177/00420980221135418>
- Pisani, E., & Micheletti, S. (2020). Social capital and rural development research in Chile. A qualitative review and quantitative analysis based on academic articles. *Journal of Rural Studies*, 80, 101-122. <http://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.08.002>
- Posner, P.W. (2012). Targeted Assistance and Social Capital: Housing Policy in Chile's Neoliberal Democracy. *International Journal of Urban and Regional Research*, 36(1), 49-70. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.2011.01059.x> doi: 10.1111/j.1468-2427.2011.01059.x
- Raposo, A. (1999). La vivienda social de la CORVI. Un otro patrimonio. *Revista INVI*, 14(37), 19-40. <https://dx.doi.org/10.5354/0718-8358.1999.62095>
- Richards, B. (1995). Poverty and housing in Chile: the development of a Neo-liberal Welfare State. *Habitat International*, 19(4), 515-527. [http://doi.org/10.1016/0197-3975\(95\)00043-F](http://doi.org/10.1016/0197-3975(95)00043-F)
- Saavedra, V. & Giannotti, E. (2021). Desarticulación social y espacial como efecto de la política habitacional focalizada. Santiago de Chile, 1980 a 1997. *Andamios*, 18(46), 443-466. <http://doi.org/10.29092/uacm.v18i46.852>
- Sabatini, F., & Salcedo, R. (2007). Gated communities and the poor in Santiago, Chile: Functional and symbolic integration in a context of aggressive capitalist colonization of lower-class areas. *Housing Policy Debate*, 18(3), 577-606. <http://doi.org/10.1080/10511482.2007.9521612>
- Sabatini, F., Rasse, A., Mora, P., & Brain, I. (2012). ¿Es posible la integración residencial en las ciudades chilenas? Disposición de los grupos medios y altos a la integración con grupos de extracción popular. *EURE*, 38(115), 159-194. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612012000300008>
- Sagaris, L., & Landon, P. (2017). Autopistas, ciudadanía y democratización: la Costanera Norte y el Acceso Sur, Santiago de Chile (1997-2007). *EURE*, 43(128), 127-151. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612017000100006>
- Salcedo, R. (2010). The Last Slum: Moving from Illegal Settlements to Subsidized Home Ownership in Chile. *Urban Affairs Review*, 46(1), 90-118. <https://doi.org/10.1177/1078087410368487>
- Sawyer, L., Schmid, C., Streule, M., & Kallenberger, P. (2021). Bypass urbanism: Re-ordering center-periphery relations in Kolkata, Lagos and Mexico City. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 53(4), 675-703. <https://doi.org/10.1177/0308518X20983818>
- Soja, E. (2008). Postmetrópolis. Estudios críticos sobre las ciudades y las regiones. Traficantes de Sueños.
- Tapia Barría, V. (2018). Geografías de la contención: el rol de las políticas de escala barrial en el Chile neoliberal. *Scripta Nova*, XXII(592). <http://doi.org/10.1344/sn2018.22.20272>
- Tapia Zarricueta, R. (2014). Evolución del patrón espacial del emplazamiento de viviendas sociales en el Gran Santiago, Chile. 1980-2010. *Revista Geográfica Venezolana*, 55(2), 255-274. <http://revistas.saber.ula.ve/index.php/regeoven/article/view/11503>

- Trinder, S. (2019). Capitalism with a Human Face: Neoliberal Ideology in Neill Blomkamp's District 9. *Film-Philosophy*, 23(1), 1-16. <http://doi.org/10.3366/film.2019.0095>
- Truffello, R., & Hidalgo, R. (2015). Policentrismo en el Área Metropolitana de Santiago de Chile: reestructuración comercial, movilidad y tipificación de subcentros. *EURE*, 41(122), 49-73. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612015000100003>
- Vergara-Constela, C., & Casellas, A. (2016). Políticas estatales y transformación urbana: ¿hacia un proceso de gentrificación en Valparaíso, Chile? *EURE*, 42(126), 123-144. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612016000200006>
- Verichev, K., Mikhaylyukova, P., Salazar, C. & Carpio, M. (2018). Dynamics of Built-Up Areas over The Past 30 Years According to Remote Sensing Data in the City of Valdivia, Chile. IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Valencia, Spain, 814-817. <http://doi.org/10.1109/IGARSS.2018.8517582>
- von Hoffman, A. (2009). Housing and Planning: A Century of Social Reform and Local Power. *Journal of the American Planning Association*, 75(2), 231-244. <http://doi.org/10.1080/01944360902774087>
- Walks, A. (2013). Suburbanism as a Way of Life, Slight Return. *Urban Studies*, 50(8), 1471-1488. <https://doi.org/10.1177/0042098012462610>
- Zenteno, E., Sepúlveda, K., Ahumada, J., & Díaz, J. (2020). De ciudadanías insurgentes a planificadores, urbanos. Organización social en la urbanización del campamento Manuel Bustos de Viña del Mar. *Revista de Geografía Norte Grande*, 77, 157-172. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022020000300157>
- Zunino, H., & Hidalgo, R. (2011). La producción multi-escalar de la periferia urbana de las áreas metropolitanas de Valparaíso y Santiago, Chile. Elementos conceptuales y analíticos. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 55, 7-33. <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1327>

Decisiones de movilidad urbana en la ciudad de Bahía Blanca (Argentina): ¿cómo contribuir con el desarrollo sostenible?

Urban Mobility Decisions in the City of Bahía Blanca (Argentina): How to Contribute to Sustainable Development?


AUTORÍA

María Andrea Rivero 

Instituto de Investigación en Ciencias de la Administración, Departamento de Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur (IICA, DCA-UNS), Argentina.

Gabriela Pesce 

Instituto de Investigación en Ciencias de la Administración, Departamento de Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur (IICA, DCA-UNS), Argentina.

Florencia Pedroni 

Instituto de Investigación en Ciencias de la Administración, Departamento de Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur (IICA, DCA-UNS), Argentina.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.27615>

CITACIÓN

Rivero, M.A., Pesce, G., & Pedroni, F. (2025). Decisiones de movilidad urbana en la ciudad de Bahía Blanca (Argentina): ¿cómo contribuir con el desarrollo sostenible? *Investigaciones Geográficas*, (83), 197-217. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27615>

CORRESPONDENCIA


Gabriela Pesce (gabriela.pesce@uns.edu.ar)

HISTORIA

Recibido: 15 mayo 2024
Aceptado: 16 octubre 2024
Publicado: 23 enero 2025
(Publicación anticipada: 3 diciembre 2024)

TÉRMINOS

© 2025 María Andrea Rivero, Gabriela Pesce, Florencia Pedroni

 Este trabajo se publica bajo una licencia [Creative Commons de Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Resumen

Este trabajo tiene por objetivo analizar las decisiones de movilidad urbana en una ciudad media argentina a través de la descripción de los medios de transporte más utilizados por la población y la identificación de los factores influyentes en sus preferencias de movilidad. Metodológicamente se desarrolla una investigación cuantitativa de alcance descriptivo-correlacional con diseño de estudio de caso en la ciudad de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina). Se recolectan datos primarios mediante un cuestionario en línea a la ciudadanía y se desarrollan análisis descriptivos, bivariados y multivariados. Según los resultados, los medios de transporte más utilizados son: vehículos a combustión privados, movilidad a pie, transporte público (autobús) y bicicleta a pedal. Respecto a los determinantes, la movilidad activa es más elegida por hombres, residentes en el macrocentro, que poseen bicicleta y no automóvil, para viajes cortos no laborales. El autobús es más usado por mujeres, estudiantes, trabajadores y jóvenes que realizan pocos viajes diarios para recorrer mayores distancias. El uso de movilidad privada se incrementa con la edad y es más frecuente en individuos que poseen vehículo a combustión, no tienen bicicleta, gozan de buen nivel económico y realizan pocos viajes diarios a distancias más extensas. Los hallazgos derivados del procesamiento de las respuestas obtenidas del cuestionario permiten delinear políticas que promuevan el desarrollo sostenible en las decisiones de movilidad.

Palabras clave: movilidad urbana; sustentabilidad; medios de transporte; análisis multivariante; elección modal; ciudad media.

Abstract

This study seeks to analyze urban mobility decisions in a medium-sized Argentine city by examining the most commonly used means of transportation and identifying factors that influence residents' mobility preferences. The research adopts a quantitative, descriptive-correlational approach with a case study design in Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina). Primary data were collected via an online questionnaire distributed among the city's residents, followed by descriptive, bivariate, and multivariate analyses. The results indicate that the most frequently used modes of transportation are private combustion vehicles, walking, public buses, and pedal bicycles. Regarding the determinants, active mobility (e.g., walking or cycling) is more commonly chosen by

men, downtown residents, bicycle owners, and non-car owners for short, non-work-related trips. Public transportation, particularly buses, is favored by women, students, workers, and young people who undertake few trips but of a longer distance. The use of private vehicles increases with age and is more frequent among individuals who own combustion vehicles, do not have a bicycle, have a higher level of economic resources, and make fewer long-distance daily trips. These findings provide a foundation for policies that encourage sustainable development in mobility decisions.

Keywords: urban mobility; sustainability; modes of transportation; multivariate analysis; modal choice; medium-sized city.

1. Introducción

A medida que las ciudades crecen es necesario analizar las elecciones de movilidad de sus ciudadanos en pos de atender las preocupaciones por los aspectos de contaminación y propender al desarrollo de zonas urbanas más sostenibles (Vasconcellos, 2019), aprovechando el crecimiento y disponibilidad de los datos (Bassolas et al., 2019). En este marco, la investigación sobre movilidad se desarrolla ante la necesidad de promover abordajes que integren y coordinen la planificación urbana con la de la movilidad (Gurdon, 2023), contribuyendo al desarrollo de ciudades sostenibles. En ciudades de ingresos medios y bajos, la movilidad urbana sostenible se plantea como un desafío debido a que se urbanizan en forma rápida y esto genera problemas económicos, de salud, ambientales y sociales (Ahmad & de Oliveira, 2016).

El estudio de las decisiones de movilidad urbana, referidas a las alternativas y políticas relacionadas con el movimiento de personas y bienes dentro de las ciudades, aborda los desafíos que plantea la urbanización. En líneas generales, se pretende promover los sistemas de transporte sostenibles y eficientes mediante la planificación y reconfiguración del transporte urbano para reducir los traslados en automóvil y fomentar el transporte público, los modos activos y los servicios innovadores emergentes (Velasco & Gerike, 2024; Alsabbagh, 2024).

Investigaciones recientes vinculan las decisiones de movilidad con la sostenibilidad con diversos objetivos. Por ejemplo, planificar el transporte para fomentar la movilidad urbana sostenible y lograr transformaciones que permitan ciudades climáticamente neutras (Harlt et al., 2024); describir los principales conflictos y sinergias entre las políticas en distintos niveles de gobernanza relacionados con la movilidad urbana sostenible y explorar cómo se pueden superar (Liu et al., 2024); cuantificar los efectos externos de la automatización de vehículos sobre la sostenibilidad en Alemania (Letmathe & Paegert, 2024); o analizar el valor del enfoque “movilidad como un servicio”, entendiéndolo como un sistema de gestión de movilidad multimodal centrado en el usuario (Ho & Tirachini, 2024).

En las actividades de promoción del desarrollo sostenible, las universidades desempeñan un rol crucial. Este artículo es producto de un proyecto interinstitucional de investigación, promovido y financiado por la Organización Universitaria Iberoamericana en una convocatoria referente a la aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas. El proyecto examina propuestas de movilidad urbana sostenible desde múltiples dimensiones y colabora con su ejecución a nivel local en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. La propuesta se sustenta sobre cuatro ODS: ciudades sostenibles (ODS11), cambio climático (ODS13), energía (ODS7) y producción y consumo responsables (ODS12).

En etapas previas, el grupo de investigación del proyecto —formado por docentes-investigadores, alumnos de grado y posgrado y personal administrativo con diversidad de formaciones y *expertise*— efectuó un diagnóstico de la movilidad en el campus universitario “Altos del Palihue” de la Universidad Nacional del Sur a partir de múltiples fuentes de información (observación directa, entrevistas a choferes de autobuses, cuestionario a comunidad universitaria, cálculo de emisión de gases). Asimismo, se desarrolló un concurso participativo con la ciudadanía local, se evaluaron alternativas de movilidad de forma interdisciplinaria y se elaboró un documento con propuestas de mejora en la movilidad de la comunidad universitaria estudiada a partir de los problemas detectados. Dicho documento fue elevado a las autoridades universitarias y municipales.

Con un foco más amplio, y ante la ausencia de investigaciones preexistentes sobre esta temática no solo en el ámbito de la ciudad sino a nivel regional, en este trabajo se plantea como objetivo analizar las decisiones de movilidad urbana de la ciudadanía de Bahía Blanca, mediante la descripción de los medios de transporte más utilizados y la identificación de los factores influyentes en sus preferencias de movilidad. Como principal implicancia de estos resultados surge la posibilidad de generar políticas que colaboren con contextos que favorezcan la movilidad activa y la movilidad en medios de transporte públicos, que tiendan a generar hábitos de traslado en la población que promuevan el desarrollo sostenible.

1.1. Factores que influyen en las decisiones de movilidad: antecedentes conceptuales

La elección del modo de transporte es una cuestión compleja e interdisciplinaria (Javaid et al., 2020; De Witte et al., 2013). En consecuencia, al abordar la elección modal en la literatura se observan diversos criterios y abordajes metodológicos. A nivel teórico y con intención de proporcionar un marco multidisciplinario para estructurar los determinantes de la elección modal, De Witte et al. (2013) realizan una revisión de la literatura que les permite afirmar que existe una combinación de factores sociodemográficos y espaciales, sumados a factores sociopsicológicos que influyen en cómo se actúa sobre las posibilidades de movilidad. Por lo tanto, esta elección emerge de un proceso decisorio complejo, consciente o inconsciente, que incluye determinantes objetivos y subjetivos. Generalmente, se presta mayor atención a los factores objetivos, dado que pueden identificarse y medirse cuantitativamente, subrayando la importancia de incluir componentes subjetivos, como hábitos y experiencias, al estudiar estas decisiones (De Witte et al., 2013).

En la misma línea, Javaid et al. (2020) realizan una revisión sistemática y obtienen que la elección del modo de viaje es una función de variables relacionadas con factores específicos del individuo (materiales y psicológicos), factores a nivel social y factores relacionados con la infraestructura (humanos y naturales). Además, consideran a la información como un factor general independiente que conecta estas categorías y agregan un componente sobre hábitos y dependencia de la trayectoria que indica cómo las elecciones en el pasado dan forma a las opciones futuras. Por último, en términos de cómo se relacionan estas categorías, plantean tres tipos de relaciones que generan efectos directos, condicionales y de interacción (Javaid et al., 2020).

Continuando con las investigaciones teórico conceptuales, que si bien apuntan a los atributos de los vehículos autónomos compartidos y su impacto en la movilidad urbana, mediante una revisión sistemática de literatura, Golbabaie et al. (2021) encuentran que se deberían proporcionar servicios dinámicos de viajes compartidos para reducir la circulación de vehículos, la congestión, el costo de los viajes, la demanda de estacionamiento, la propiedad de vehículos y las emisiones. Analizando la literatura sobre este tipo de movilidad, Greifstein (2024), afirma que en su mayoría los estudios examinan los factores relacionados con el usuario, especialmente los sociodemográficos y los vinculados con el comportamiento de la movilidad, mientras que los factores referidos al servicio y al tiempo/clima son menos estudiados.

1.2. Factores que influyen en las decisiones de movilidad: antecedentes empíricos

Por otro lado, a nivel empírico, también se han estudiado los factores que afectan a la elección modal en la movilidad urbana con diferentes variables de interés y obteniendo diversos resultados como se observa en la tabla 1.

Asimismo, se reconocen diversos trabajos que analizan la movilidad diaria en los campus universitarios (Saladié & Jurado, 2015; Zapata-González et al., 2016; Lopera-Quiroz et al., 2019; Hassold & Gavira-Narváez, 2024). Entre ellos se destacan dos investigaciones que analizan las decisiones de movilidad de la comunidad del campus de la Universidad Nacional del Sur en la ciudad de Bahía Blanca: el primero identifica como factores influyentes en la elección del tipo de movilidad a la edad, el género, la distancia del viaje, la propiedad de un automóvil o bicicleta, y como factores relevantes al decidir el medio de transporte al tiempo de viaje, las condiciones climáticas, la comodidad y la conciencia sobre el impacto ambiental de la movilidad (Pesce et al., 2023b); el segundo, a partir del análisis de las alternativas de movilidad y mediante una valoración de los impactos económicos, ambientales y sociales de una de las propuestas de movilidad sostenible, concluye que el valor del tiempo adicional por realizar una movilidad activa supera el ahorro en costos de combustible, la dimensión ambiental no resulta relevante y, finalmente, la dimensión social es la que genera mayor impacto en términos relativos, por los beneficios en la salud producto de la movilidad activa (Pesce et al., 2024). Sin embargo, estos últimos antecedentes no se examinan en profundidad en el presente trabajo cuyo objeto de estudio son las decisiones de movilidad a nivel ciudad.

En la literatura también se detecta diversidad de estrategias metodológicas para estudiar la temática. Por un lado, el énfasis en los métodos cuantitativos, como el uso de estrategias de simulación del transporte urbano mediante el desarrollo de escenarios que, por ejemplo, consideran diversos factores (disponibilidad de modos, servicios de movilidad compartida, estructura urbana y cambios sociales), encontrando que la movilidad urbana eficiente debería basarse en el transporte público, para satisfacer la mayor parte de la demanda, con modos activos, para distancias cortas y movilidad compartida para la conexión intermodal de ambos (Reul et al., 2021). Por otra parte, se encuentran investigaciones que aplican el análisis comparado cualitativo por considerar a la movilidad sostenible como un sistema complejo, resultado de la interacción de múltiples componentes, obteniendo que el papel central en la movilidad lo ocupan las infraestructuras de las ciudades, aunque también se requiere la presencia conjunta de otros elementos, como el carácter innovador de la ciudad así como una alta densidad de población (Medina-Molina & de la Sierra Rey-Tienda, 2022).

Tabla 1. Antecedentes empíricos: factores que influyen en decisiones de movilidad urbana

Autor/es (año)	Ciudad o país	Medio de transporte / decisión de movilidad	Factores / determinantes	Principales resultados
Tyrinopoulos & Antoniou (2013)	Kalamaria (Grecia)	Automóvil, transporte público	Preferencia por el automóvil frente al transporte público	Factor más influyente en la elección de medio: disponibilidad de estacionamiento. Preferencia de las mujeres por el transporte público y por el automóvil en género masculino, entre 35 y 44 años y para la población general en viajes de trabajo. Factor que más disuade a usar transporte público: hacinamiento.
Marquet & Miralles-Guasch (2014)	Barcelona (España)	Uso de viajes de proximidad (caminar menos de 10 minutos)	Género, edad, motivo del viaje, acceso al transporte privado.	Un cuarto de la movilidad se realiza con un viaje. Los viajes cortos son con mayor frecuencia por motivos personales. Aumenta el uso de viajes de proximidad para personas mayores, mujeres trabajadoras y personas de bajos ingresos sin acceso a vehículos privados.
Ahmad & de Oliveira (2016)	98 ciudades de India	Transporte público y privado (gastos en viajes) y opciones modales	Características de la ciudad, variables socio-económicas y socioculturales	La densidad de la ciudad reduce la cantidad de transporte y aumenta la probabilidad de usar transporte público. El ingreso es el determinante más importante de la cantidad de transporte y del uso de transporte motorizado y privado.
Tona et al. (2020)	Países Bajos	Automóvil, tren, autobús/tranvía/metro, bicicleta y caminata	Inclusión o exclusión de un modo de transporte a largo plazo	La elección de medios es unimodal para la mayoría (alternativa más elegida: solo automóvil) y permanece constante en el tiempo. Las condiciones laborales (si permiten el reembolso por parte del empleador por el uso de un modo específico), son el determinante más importante, seguido de la propiedad o disponibilidad de los modos y la densidad urbana.
Dingil & Esztergár-Kiss (2021)	45 ciudades de 29 países de América de Norte, Europa y Asia	Automóvil, transporte público y movilidad activa (bicicleta y caminata)	Nivel de educación superior (post-secundario), densidad de población y producto bruto interno (PBI) per cápita	Un aumento en el nivel de educación superior tiene el mayor efecto en la reducción de la proporción modal de automóviles (y aumento del transporte público). Luego, si la densidad de población es más baja, la participación modal del automóvil aumenta más que si hay un aumento en el PBI per cápita.
Lee et al. (2022)	46 ciudades en 35 países de América, Asia, Europa y Oceanía	Vehículo privado, transporte público y bicicletas	17 variables para categorizar tres factores: ambiental, sociodemográfico y planificación urbana	Ciudades más densamente pobladas y con mayor empleo, usan modos con bajas emisiones. Ciudades con personas de mayor edad, tienen mayor número de vehículos privados. A mayor ingreso, mayor propiedad de automóviles. Mejores instalaciones para bicicletas, alto impuesto a la gasolina y bajas tarifas de transporte público, se asocian positivamente con la baja dependencia de los automóviles.
Macedo et al. (2022)	Dos áreas metropolitanas de Colombia (Medellín y Bogotá) y Brasil (São Paulo)	Diversidad espacial de los viajes realizados	Propósito del viaje, género y status económico	Los viajes relacionados con el trabajo están distribuidos de manera menos homogénea que otros tipos de viajes. La movilidad de los hombres es más entrópica/diversa que la de las mujeres y esas diferencias se reducen con el tiempo (tal vez por inversiones públicas para mitigar las desigualdades). Las clases alta y baja las se mueven de manera menos diversa que los viajeros de clase media.
Murillo Barreto & Delgado (2023)	Bahía de Caráquez (Ecuador)	Transporte público (buses), taxi	Características de los tipos de transporte, análisis de la oferta/demanda de taxis y tarifa de los buses	El número de taxis excede la demanda; la tarifa de los buses es insuficiente para cubrir los costos administrativos; las deficiencias en el sistema vial no permiten mayor uso de los medios más sustentables.
Fisu et al. (2024)	Macasar (Indonesia)	Cadena de viajes diarios y kilometraje diario de personas nacidas entre 1995 y 2006	Género, capacidad financiera, ubicación de residencia y lugar de trabajo, día de la semana (laborable o fin de semana)	98% de los viajes se realizan con vehículos privados, siendo que hombres tienen mayor preferencia por las motocicletas. La distancia diario media osciló entre 19,86 y 24,87 km. Las mujeres realizan menos viajes diarios, de menor kilometraje y ambos géneros realizan más viajes entre semana. Personas con ingresos más altos tienden a realizar viajes más complejos y de mayor distancia. Residentes fuera del centro realizan más cadenas de viajes diarios que aquellos cuya casa se ubica en un área suburbana o periférica en general.

Nota: estudios ordenados por orden cronológico ascendente

Elaboración propia

En el contexto nacional, y partiendo de la escasez de investigaciones cuantitativas en los países en desarrollo que por su acelerada urbanización y sus altas tasas de desigualdad pueden generar resultados diferentes a países europeos, Mendiola y González (2021) estudiaron los desplazamientos de una sola etapa del trabajo al hogar en el caso del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), que cuenta con una amplia red de transporte público, y encontraron que la densidad de población afecta al transporte motorizado, que la diversidad de intersecciones de calles es relevante para el transporte público y los viajes no motorizados, que las características del diseño urbano afectan a todos los modos de transporte y que la distribución modal depende del perfil socioeconómico de una localidad. Con foco en San Carlos de Bariloche, una ciudad turística de montaña caracterizada por sus bajas temperaturas y el relieve accidentado de su suelo, mediante una metodología cualitativa Medina (2019) indaga en los desplazamientos cotidianos de los residentes de dos barrios. Los principales resultados indican que la tenencia de automóvil y la capacidad económica para usarlo influye positivamente en su uso y valorización positiva; que quienes usan transporte motorizado público o la caminata, a costa de mayores esperas y/o esfuerzos físicos y monetarios, reconocen problemas de traslado y que las personas jóvenes pueden sobrellevar las distancias, las bajas temperaturas y/o el funcionamiento irregular del transporte público (Medina, 2019).

Entre los antecedentes que relevan la movilidad urbana en Bahía Blanca, se han analizado bajo los efectos del COVID-19 y su impacto en la contaminación del aire, remarcando el inusual incremento de traslados en bicicleta y motocicleta y una disminución en el uso de automóvil y autobús, especialmente en la etapa de mayores restricciones para circular, lo que generó una reducción en las concentraciones de contaminantes y gases de efecto invernadero (Grassi et al., 2021a). Respecto al transporte público de la ciudad, una investigación local busca conocer los factores relacionados con la demanda de transporte en autobús y encuentra que esta aumenta en días laborables, en comparación con domingos y feriados, y que existe una correlación positiva entre la demanda de este servicio y las condiciones climáticas adversas, especialmente en días con vientos fuertes (Pesce et al., 2023c). A su vez, un estudio longitudinal examina la efectividad de las empresas de transporte público en autobús y los cambios en el número de rutas y compañías que ofrecen este servicio; se concluye que el nivel de eficiencia no ha experimentado cambios notables desde 2007 hasta 2014, incluso con la salida de operadores con un rendimiento deficiente en el servicio (Viego & Volonté, 2016). Por último, se destaca un relevamiento sobre los medios utilizados para tráfico urbano y su contribución a la emisión de gases contaminantes al medio ambiente, señalando a las motocicletas y a los vehículos comerciales livianos como los medios más contaminantes (Grassi et al., 2021b).

A partir de los estudios conceptuales y empíricos analizados, se desprende que la comprensión de los factores que impulsan la elección modal es crucial para diseñar sistemas de transporte que satisfagan las necesidades de poblaciones diversas y promuevan la movilidad urbana sostenible.

Además de este apartado introductorio y de antecedentes, el resto del trabajo se estructura como se describe a continuación. En la sección 2 se detallan las cuestiones metodológicas. La sección 3 presenta los resultados del análisis descriptivo (3.1), bivariado (3.2) y multivariado (3.3); mientras que la sección 4 de discusiones hace un contrapunto entre los hallazgos de este estudio y los de la literatura empírica previa. Finalmente, la sección 5 exhibe las conclusiones, limitaciones y contribuciones de la investigación.

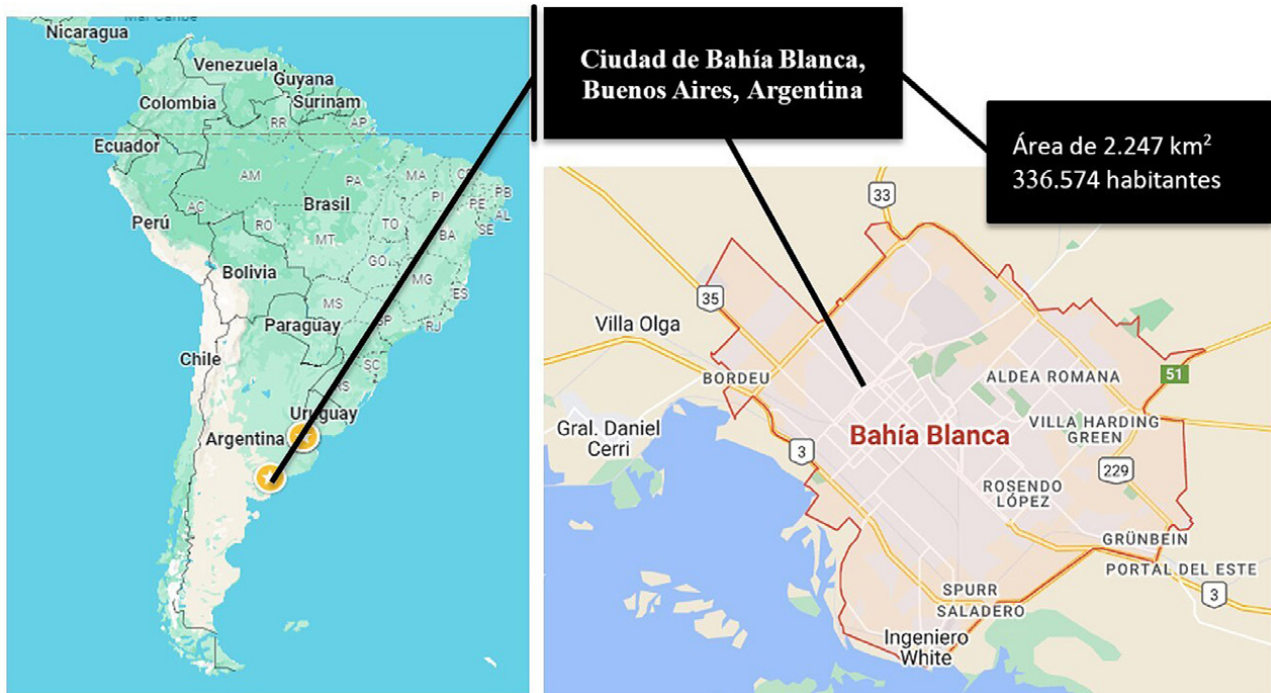
2. Metodología

Para dar cumplimiento al objetivo propuesto, se desarrolla una investigación cuantitativa, con alcance descriptivo-correlacional (Hernández Sampieri et al., 2014), a partir de un estudio de caso en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. Como se visualiza en la figura 1, la ciudad se encuentra localizada en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, es de tamaño medio y —según el último censo del año 2022— tiene 336.574 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC], 2023). La ciudad actúa como un punto de conexión clave, sirviendo de enlace entre varias regiones del país mediante ferrocarriles, carreteras y rutas aéreas y conectándose con el resto del mundo a través de su puerto marítimo. No obstante, a pesar de la infraestructura disponible, los autobuses son el único medio de transporte público en la ciudad (Grassi et al., 2021b).

Los datos primarios se recolectan mediante un cuestionario en línea a los ciudadanos de Bahía Blanca difundido mediante medios digitales. El público objetivo del relevamiento está integrado por las personas mayores de 16 años y la población se estima a partir de la cantidad de electores de la ciudad de 256.717 individuos. El tamaño muestral asciende a 886, calculado desde una muestra aleatoria no estratificada con un nivel de confianza de 99% y un error de 3,9%. La recolección de datos se realiza entre noviembre de 2022 y octubre de 2023, logrando 887 observaciones válidas; de un total de 889 se han eliminado dos observaciones por

contener datos incompletos o repetidos. El instrumento de relevamiento se compone de 3 apartados con 18 preguntas y se realiza con la herramienta formularios de Google. La primera sección del cuestionario refiere a datos sociodemográficos de la ciudadanía, la segunda parte consulta sobre sus decisiones actuales de movilidad y la tercera recolecta la opinión de la comunidad sobre otras alternativas de movilidad. El guion del instrumento se presenta en el anexo I.

Figura 1. Cartografía con localización de la ciudad de Bahía Blanca



Izquierda: ubicación de la ciudad y país, derecha mapa urbano de la ciudad

Fuente: imágenes extraídas de Google Maps. Elaboración propia

Para la caracterización del tipo de movilidad urbana se definen variables para cada uno de los medios de transporte utilizados por la población. Dichas variables toman valor unitario cuando el individuo realiza al menos la mitad de los viajes semanales en ese medio (50% o más): automóvil a combustión, camioneta, automóvil compartido, motocicleta a combustión, autobús, bicicleta a pedal, a pie, microvehículos eléctricos (monopatín, bicicleta o motocicleta). Tales medios de transporte se reagrupan para el análisis multivariado, definiendo variables dicotómicas para representar con valor unitario la movilidad activa (M1) cuando el individuo se mueve mayoritariamente a pie o en bicicleta a pedal; movilidad pública (M2) cuando el sujeto utiliza principalmente el autobús y movilidad privada (M3) para el automóvil o camioneta a combustión. En todos los casos se indica que el individuo utiliza ese medio de transporte cuando realiza, en promedio, al menos 5 de 10 viajes con esa elección modal.

Se consideran las siguientes variables independientes como determinantes de la decisión de movilidad y variables de control: edad del individuo (continua), género autopercebido (binario, 1 = mujer), motivo por el cual se traslada [trabajo (binaria) o estudio (binaria)], distancia promedio del viaje más frecuente (continua), nivel económico (ordinal, con tres categorías), residencia en la zona del macrocentro de la ciudad (binaria), propiedad de bicicleta (binaria) y propiedad de automóvil (binaria), cantidad de viajes que realiza diariamente (continua) y los factores (F) que se consideran prioritarios al decidir qué medio de transporte utilizar. Todas las variables asociadas con los factores son binarias con valor unitario cuando el individuo elige como motivo cada uno de los siguientes: tiempo de viaje, condiciones meteorológicas, flexibilidad horaria, comodidad, factor económico, riesgo de robo, riesgo de accidente e impacto ambiental de la movilidad. Para las variables explicativas, se obtienen efectos marginales que muestran cómo (signo +/-) y cuánto influye cada determinante en la probabilidad de cada tipo de movilidad.

El análisis de datos se desarrolla a través de un enfoque cuantitativo, con herramientas de estadística descriptiva (sección 3.1), análisis bivariados (sección 3.2) y multivariados con modelos econométricos (sección 3.3). Para los test de comparación en la relación entre dos variables se utiliza la prueba exacta de Fisher en

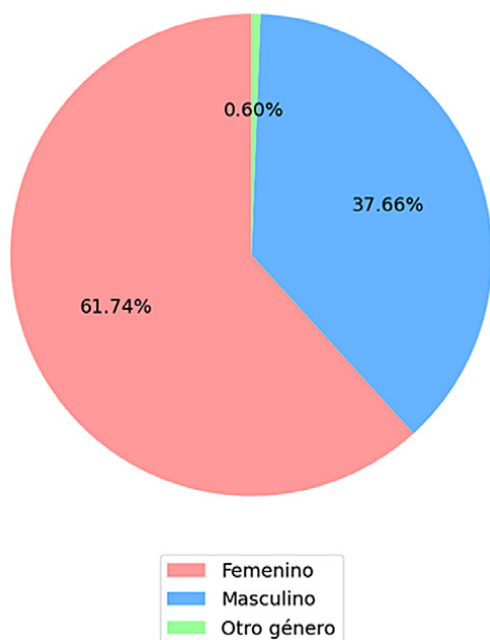
variables categóricas y la prueba U de Mann-Whitney para variables continuas. El análisis multivariado se lleva a cabo mediante la ejecución de tres modelos de regresión probit [M1, M2, M3], donde las variables dependientes binarias muestran la propensión a utilizar los diferentes medios de transporte (Long & Fresee, 2001; Gujarati & Porter, 2011). Los datos son procesados mediante planillas de cálculo y analizados a partir de la utilización del software Stata.

3. Resultados

3.1. Caracterización de la muestra y descripción de las decisiones de movilidad urbana

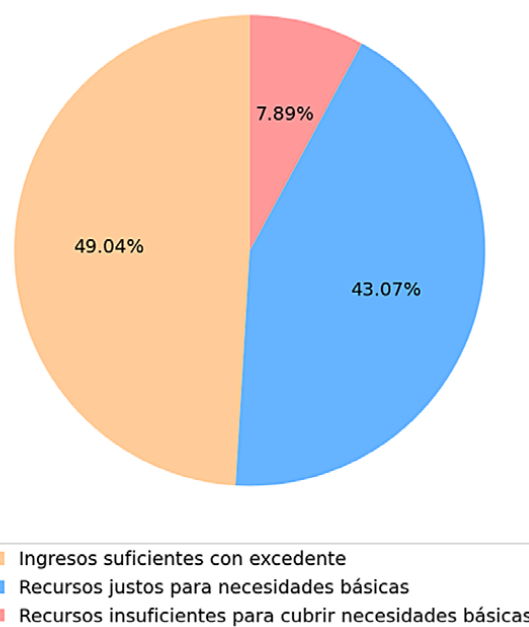
En cuanto a los datos sociodemográficos, se observa que la edad promedio de los encuestados es de 34,3 años, con un rango que varía entre los 16 y los 88 años. En relación al género, la mayoría de la muestra se identifica con el femenino (figura 2). Para diagnosticar la situación en términos de recursos económicos, se consulta sobre la suficiencia de los ingresos para cubrir sus necesidades básicas y contar con excedente para otros gastos y/o ahorros, solo cubrir necesidades básicas y ni siquiera cubrir esos gastos, los resultados se ilustran en la figura 3. Respecto a la zona de residencia, el 42,30% de la muestra reside en el macrocentro.

Figura 2. Distribución de género



Fuente: Python en Google Colab. Elaboración propia

Figura 3. Distribución de nivel económico



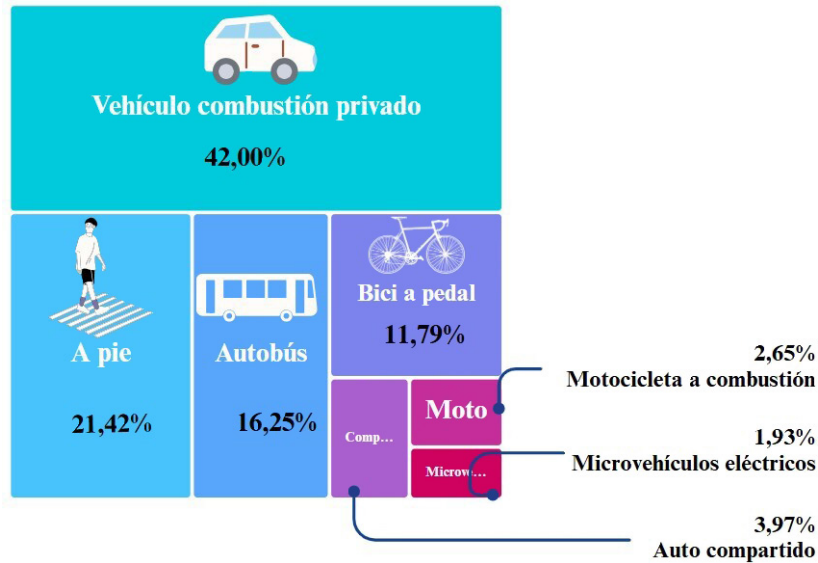
Fuente: Python en Google Colab. Elaboración propia

Con respecto a la cantidad de desplazamientos fuera de casa durante los días laborables (ida y vuelta contados como uno), la mayoría de las personas realizan dos viajes al día en promedio (39,57%), seguido por quienes hacen un viaje al día en promedio (21%) y aquellos que hacen tres viajes diarios (19,30%). La distancia máxima recorrida hasta el destino en el viaje más común es de 5,78 kilómetros en promedio, con un predominio del 55,70% de los encuestados que recorren hasta 5 kilómetros y solo el 14,90% que recorren más de 10 kilómetros. Analizando las principales causas de los viajes semanales, el 49,72% de la ciudadanía encuestada se traslada principalmente por motivo de trabajo, mientras que el 24,24% lo hace para estudiar. El resto declara movilizarse para efectuar compras, motivos personales, traslado de familiares, realización de deportes, salud y otros.

En lo referido a la disponibilidad de medios de transporte, la mayoría de los participantes encuestados, que representan un 44,20% posee únicamente un medio de transporte, seguido por un 33,80% de los ciudadanos consultados que cuenta con dos medios. Se resalta que un 14,70% no tiene acceso a ningún medio de transporte. En términos de movilidad propia, se destaca que el 60,70% de la muestra posee un automóvil particular a combustión, mientras que un 55,70% dispone de una bicicleta a pedal. En menor proporción, el 7,60% tiene una motocicleta a combustión, el 7,10% una camioneta tipo pick-up y solo el 20% cuenta con un monopatín eléctrico.

Examinando los medios de transporte utilizados en la ciudad (figura 4), la mayoría de las personas se desplaza en vehículos a combustión privados (VCP). Dicho medio predominante es seguido por aquellos que caminan, utilizan el transporte público (autobús) y se mueven en bicicleta a pedal.

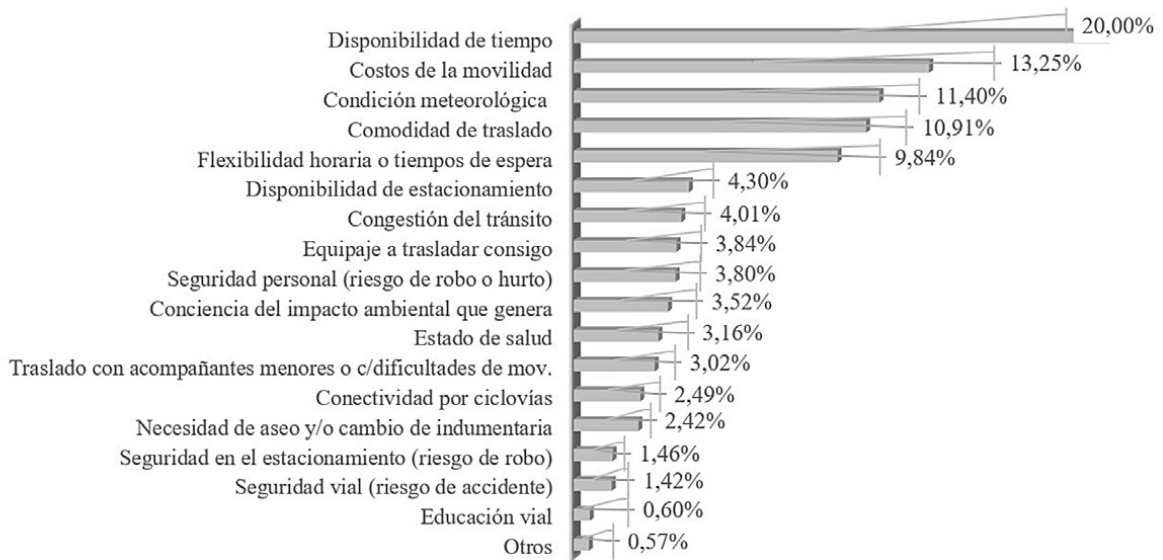
Figura 4. Medios de transporte utilizados en la ciudad de Bahía Blanca



Elaboración propia

Al indagar preliminarmente sobre los factores que tienen mayor incidencia en la elección de los medios de transporte (figura 5), se observa que la disponibilidad de tiempo ocupa el primer lugar en esta selección (20%), seguida de los costos relacionados con la movilidad (13,25%), las condiciones climáticas (11,40%), la comodidad del viaje (10,91%) y la flexibilidad horaria o los tiempos de espera (9,84%). Esta temática se profundiza en las secciones 3.2 y 3.3.

Figura 5. Factores que inciden en la selección de medios de transporte



Elaboración propia

3.2. Análisis correlacional sobre las decisiones de movilidad urbana

Los hallazgos del análisis bivariado (tabla 2) indican que la elección del medio de transporte por parte de los ciudadanos está relacionada con factores sociodemográficos y características específicas del desplazamiento. Se observa que los resultados para la movilidad compartida y eléctrica muestran una menor significancia estadística en comparación con otros medios, posiblemente debido a la limitada cantidad de observaciones en la muestra para tales modalidades.

Tabla 2. Análisis bivariado de medios de transporte en relación a potenciales factores asociados

Medio transporte → Factores asociados ↓		Vehículo a combustión privado (VCP)			Moto a combustión			Auto compartido			Autobús de línea			Bicicleta a pedal			A pie			Pequeños vehículos eléctricos		
Variable	Categorías	Sí	No	p-value	Sí	No	p-value	Sí	No	p-value	Sí	No	p-value	Sí	No	p-value	Sí	No	p-value	Sí	No	p-value
Género	Femenino	58,17	65,06	0,040	40,91	62,89	0,044	57,58	62,53	0,586	77,04	59,71	0,000	54,08	63,37	0,078	67,98	60,93	0,084	43,75	62,69	0,128
	Masculino	41,83	34,94		59,09	37,11		42,42	37,47		22,96	40,29		45,92	36,63		32,02	39,07		56,25	37,31	
Recursos	Suficientes c/ excedente	62,46	40,33	0,000	13,64	49,94	0,001	60,61	48,59	0,389	33,33	51,86	0,000	36,73	50,57	0,019	50,56	48,66	0,820	50,00	49,02	0,639
	Suficientes nec. básicas	33,24	49,44		77,27	42,20		36,37	43,33		53,33	41,22		51,02	42,08		42,70	43,16		37,50	43,17	
	Insuficientes nec. básicas	4,30	10,22		9,09	7,86		3,03	8,08		13,33	6,91		12,24	7,35		6,74	8,18		12,50	7,81	
Barrio	Macrocentro	36,10	46,28	0,003	22,73	42,77	0,079	30,30	42,74	0,208	29,63	44,55	0,001	44,90	41,95	0,589	69,10	35,54	0,000	31,25	31,25	0,450
	Fuera macrocentro	63,90	53,72		77,27	57,23		69,70	57,26		70,37	55,45		55,10	58,05		30,90	64,46		68,75	68,75	
Edad en años		40,79	30,11	0,000	39,14	34,19	0,153	27,09	34,59	0,005	25,61	35,88	0,000	31,65	34,65	0,146	30,89	35,17	0,000	31,81	34,36	0,556
Distancia máx. (viaje más frecuente)		6,75	5,16	0,000	7,86	5,73	0,006	7,21	5,73	0,008	6,09	5,73	0,103	4,56	5,94	0,000	3,41	6,38	0,000	5,75	5,79	0,926
N° viajes por día (en días de semana)		2,59	2,57	0,958	3,18	2,56	0,039	3,03	2,56	0,101	2,33	2,62	0,016	2,58	2,58	0,671	2,50	2,60	0,466	2,31	2,58	0,456

Nota: variables categóricas: prueba exacta de Fisher (p-value de comando exact en Stata 13); variables continuas: prueba U de Mann-Whitney (p-value de comando ranksum en Stata 13). Celdas sombreadas indican significancia estadística a un nivel de confianza mayor al 85%.

Elaboración propia

Al examinar las variables sociodemográficas, se evidencia que el género, la edad, la disponibilidad de recursos y la ubicación residencial influyen en la elección del medio de transporte. En cuanto al género, se observa que los individuos que utilizan VCP, autobuses de línea, bicicletas a pedal y caminan son mayoritariamente del género femenino, mientras que los usuarios de motocicletas a combustión y pequeños vehículos eléctricos son predominantemente hombres. La proporción más alta de mujeres se encuentra en el transporte público (77,04%) y en la movilidad a pie (67,98%). En términos de edad, los usuarios de transporte activo, como caminar, usar autobús de línea, bicicleta a pedal o auto compartido, tienden a ser jóvenes (con edades promedio entre 25 y 30 años), mientras que aquellos que optan por vehículos o motocicletas a combustión son en su mayoría adultos (alrededor de 40 años), posiblemente reflejando la relación entre la edad y los recursos disponibles (como la posibilidad de tener un vehículo propio). Respecto a la disponibilidad de recursos, aquellos que se desplazan en motocicletas a combustión, autobuses de línea y bicicletas a pedal son principalmente aquellos que declaran tener recursos suficientes solo para necesidades básicas, mientras que los usuarios de VCP son mayoritariamente aquellos con ingresos adicionales para otros gastos y ahorros. En cuanto a la ubicación residencial, las personas que utilizan vehículos o motocicletas a combustión y los que optan por autobuses de línea residen principalmente fuera del macrocentro, mientras que aquellos que caminan son principalmente residentes del macrocentro.

En relación a otras características de la movilidad, se examina de forma bivariada la distancia recorrida y la cantidad de viajes diarios. Se observa que la movilidad activa es común para aquellos que se desplazan a distancias más cortas en su viaje diario más frecuente. Las personas que utilizan motocicletas a combustión recorren en promedio casi 8 km por día, mientras que los usuarios de VCP o autobuses viajan más de 6 km por día en promedio (6,75 km y 6,09 km respectivamente); aquellos que usan bicicletas a pedal recorren alrededor de 4,56 km y los peatones, 3,41 km en promedio. Finalmente, en términos de la cantidad de viajes por día durante la semana, aquellos que utilizan motocicletas a combustión o auto compartido realizan en promedio más de tres viajes por día, mientras que los usuarios de autobuses realizan en promedio 2,3 viajes diarios entre lunes y viernes.

3.3. Factores influyentes en las decisiones de movilidad urbana a partir de análisis multivariados

Para alcanzar un mayor entendimiento de los resultados se realizan análisis multivariados siguiendo un modelo de variable binaria dependiente probit (tabla 3), que pretende explicar la propensión a realizar movilidad activa (M1), movilidad pública en autobús (M2) y movilidad en vehículos privados a combustión (M3). Se incorporan como explicativas un conjunto de variables sociodemográficas, de atributos sobre los viajes que realiza el individuo y sobre los factores que declaran como relevantes al momento de elegir en qué medios trasladarse. Entre los atributos sociodemográficos se incluyen la edad, el género, la zona de residencia, el nivel económico y la propiedad de medios de transporte privados (automóvil y bicicleta).

Sobre los atributos de los viajes se incorporan variables dicotómicas para los dos motivos de viaje con mayor presencia en la muestra (trabajo y estudio), así como la distancia promedio del recorrido frecuente y la cantidad de viajes que realiza diariamente. Entre los factores que declaran como influyentes en la selección de los medios de transporte, se incorporan la disponibilidad de tiempo para el viaje, la condición meteorológica, la flexibilidad horaria o tiempos de espera, la comodidad del traslado, los costos de la movilidad, la seguridad personal (riesgo de robo o hurto), la seguridad vial (riesgo de accidente) y la conciencia del impacto ambiental que genera la movilidad, de entre una lista más extensa que incluía el instrumento de recolección de datos utilizado (estado de salud, necesidad de aseo, congestión del tránsito, educación vial, disponibilidad de estacionamiento, equipaje o acompañantes a trasladar, entre otros). Adicionalmente, debido a la sospecha de multicolinealidad entre algunas variables explicativas, se corrieron modelos alternativos eliminando variables independientes, sin diferencias significativas en los resultados alcanzados respecto a los presentados en la tabla 3.

La propensión a la movilidad activa (M1) se encuentra positivamente influenciada de manera significativa por la conciencia ambiental como factor determinante en la decisión de movilidad (con el mayor efecto marginal), por la residencia en una zona perteneciente al macrocentro de la ciudad, por la propiedad de bicicleta y por la consideración del factor económico y meteorológico en la decisión de movilidad. Por el contrario, influyen de manera negativa y significativa en la probabilidad de moverse activamente la disponibilidad de un automóvil, la distancia frecuente a recorrer, la consideración del tiempo de viaje, la flexibilidad horaria y la comodidad como factores relevantes en la decisión de movilidad, el traslado por motivos laborales y marginalmente el género femenino.

Tabla 3. Efectos marginales después de modelos probit para explicar la propensión a movilidad activa (M1), movilidad pública (M2) y movilidad privada en automóvil (M3)

Determinantes	M1: MOVILIDAD ACTIVA			M2: MOVILIDAD PÚBLICA			M3: MOVILIDAD PRIVADA		
	dy/dx	p-value		dy/dx	p-value		dy/dx	p-value	
Edad	-0,001649	0,271		-0,005555	0,000	***	+0,005781	0,000	***
Género femenino	-0,049257	0,149	*	+0,062304	0,000	***	-0,003258	0,924	
Traslado por trabajo	-0,066490	0,082	**	+0,061951	0,010	***	+0,031274	0,429	
Traslado por estudio	-0,050246	0,255		+0,093432	0,012	***	-0,081540	0,093	**
Distancia frecuente	-0,047442	0,000	***	+0,007143	0,013	***	+0,015603	0,004	***
Recursos económicos	+0,009027	0,740		-0,007724	0,562		+0,042326	0,145	*
Zona macrocentro	+0,121681	0,000	***	-0,059049	0,001	***	-0,010239	0,774	
Propiedad bici	+0,070039	0,032	***	-0,020573	0,241		-0,047407	0,186	*
Propiedad auto	-0,161937	0,000	***	-0,097248	0,000	***	+0,483914	0,000	***
Q de viajes	+0,012698	0,275		-0,011078	0,083	**	-0,024367	0,041	***
F: tiempo de viaje	-0,076242	0,030	***	-0,033285	0,077	**	+0,085139	0,015	***
F: meteorológico	+0,044319	0,206	*	-0,007689	0,668		-0,074131	0,032	***
F: flexibilidad horaria	-0,070323	0,039	***	-0,021551	0,213		+0,148470	0,001	***
F: comodidad	-0,055227	0,100	**	-0,012777	0,474		+0,057231	0,116	*
F: costos	+0,058074	0,108	**	+0,080421	0,000	***	-0,207213	0,000	***
F: seguridad personal	-0,041486	0,358		+0,011118	0,665		+0,006301	0,899	
F: seguridad vial	+0,043612	0,555		-0,047077	0,016	***	-0,016982	0,816	
F: conciencia ambiental	+0,129447	0,019	***	-0,023687	0,231		-0,177964	0,000	***

Notas: dy/dx calculada con $x = \underline{x}$ para variables continuas y $x=0$ para variables categóricas. P-value: * representa $p < 0,20$, ** $p < 0,10$, *** $p < 0,05$.

Elaboración propia

En la figura 6 se presenta un diagrama con los determinantes significativos para cada tipo de movilidad, desagregando los efectos que producen un incremento en la propensión a moverse en esos medios versus los que disminuyen la probabilidad de realizar ese tipo de movilidad. Finalmente se describe la persona que con mayor propensión realiza movilidad activa, pública o privada respectivamente, incluyendo factores sociodemográficos, variables espaciales o características del viaje y factores socio-psicológicos.



En relación al modelo M2 cuya variable dependiente es la propensión al uso de movilidad pública (autobús), los determinantes que influyen de manera positiva y significativa son el género femenino, la distancia frecuente del recorrido, la causa de traslado tanto por motivo de estudio como de trabajo y la consideración del factor económico en la decisión de movilidad. En sentido inverso, afectan negativa y significativamente la edad, la residencia en una zona del macrocentro, la propiedad de un automóvil, la cantidad de viajes que realiza diariamente y la consideración del tiempo de viaje y la seguridad vial como factores influyentes en la decisión de movilidad.

La probabilidad de trasladarse en vehículos privados a combustión se estudia en el modelo M3. En particular, la propensión al uso de movilidad privada se incrementa de manera significativa ante aumentos en la edad, la distancia frecuente a recorrer, los recursos económicos con los que cuenta la persona, el hecho de poseer automóvil y la consideración del tiempo de viaje, la flexibilidad horaria y la comodidad como factores relevantes en la decisión de movilidad. La propensión al uso del auto se reduce significativamente cuando el traslado se realiza por motivo de estudio, al incrementarse la cantidad de viajes diarios de la persona, la propiedad de bicicleta (marginalmente) y la consideración de los factores meteorológicos, de costos y la conciencia ambiental como influyentes en la decisión de movilidad.

Complementariamente se regresaron modelos para explicar la propensión a utilizar motocicleta a combustión y pequeños vehículos eléctricos. Por una cuestión de relevancia no se presentan dichos modelos dado que menos del 5% de la muestra utiliza estos medios de transporte. Sin embargo, se comentan a continuación los

principales resultados. La propensión a moverse en motocicleta a combustión se ve influenciada de manera positiva y significativa por la edad, el traslado con motivo de trabajo, la distancia a recorrer y la cantidad de viajes que se realizan diariamente. Influyen de manera negativa en la probabilidad de usar este medio de transporte el género femenino, la posesión de auto y de bicicleta, la residencia en zona de macrocentro y la conciencia del impacto ambiental que genera la movilidad. Finalmente, las chances de utilizar microvehículos eléctricos para la movilidad urbana aumentan ante viajes por motivos laborales y la consideración del factor costo de traslado en la decisión de movilidad. Al contrario, reducen esta propensión la condición de género femenino, la tenencia de bicicleta y la residencia en el macrocentro de la ciudad.

Figura 6. Diagrama de determinantes significativos y perfil típico por tipo de movilidad

ATRIBUTOS	M1: MOVILIDAD ACTIVA	M2: MOVILIDAD PÚBLICA	M3: MOVILIDAD PRIVADA
<p>Con efecto positivo</p> 	<p>Zona macrocentro Propiedad bici F: meteorológico F: costos F: conciencia ambiental</p>	<p>Género femenino Traslado por trabajo Traslado por estudio Distancia frecuente F: costos</p>	<p>Edad Distancia frecuente Recursos económicos Propiedad auto F: tiempo de viaje F: flexibilidad horaria F: comodidad</p>
<p>Con efecto negativo</p> 	<p>Género femenino Traslado por trabajo Distancia frecuente Propiedad auto F: tiempo de viaje F: flexibilidad horaria F: comodidad</p>	<p>Edad Zona macrocentro Propiedad auto Q de viajes F: tiempo de viaje F: seguridad vial</p>	<p>Traslado por estudio Propiedad bici Q de viajes F: meteorológico F: costos F: conciencia ambiental</p>
<p>Perfil de persona con mayor propensión a cada tipo de movilidad</p>	<p>Hombre joven con bicicleta y sin auto que recorre distancias cortas y se preocupa por las condiciones climáticas y el medio ambiente</p>	<p>Mujer joven sin auto que recorre distancias más largas y se traslada por motivo de estudio o trabajo.</p>	<p>Persona (género indistinto) con mayor edad, con mayor nivel económico, propietario de un auto, preocupada por el tiempo de traslado y la comodidad.</p>

Elaboración propia

4. Discusión de resultados

A modo de corolario de los determinantes significativos en las decisiones de movilidad urbana, a partir de un análisis de los características de los individuos y sus viajes, puede afirmarse que quienes residen en el macrocentro de la ciudad, poseen bicicleta y no cuentan con automóvil, de género masculino y con traslados para cortas distancias y por motivos no laborales presentan mayor propensión a moverse activamente. Las mujeres, los estudiantes, los trabajadores y los jóvenes que recorren mayores distancias frecuentemente y con menor cantidad de viajes al día se mueven más en autobús. Los adultos que cuentan con vehículo a combustión, pero no bicicleta, mejores condiciones económicas y recorren distancias más extensas, pero con menor cantidad de viajes al día, utilizan en mayor medida la movilidad privada.

Si se analiza la incidencia de los factores que influyen en la decisión de movilidad, puede observarse que los que resultan significativos para la movilidad activa y la movilidad privada son exactamente los mismos, pero con el signo contrario en su efecto. En particular, tiempo de viaje, flexibilidad horaria y comodidad incrementan la propensión a la movilidad privada, mientras que el factor meteorológico, la consideración de los costos y la conciencia ambiental aumentan las chances de la movilidad activa (y viceversa). Para la movilidad pública los factores significativos son menos: el tiempo de viaje y el factor económico —con igual incidencia que para la movilidad activa— y se adiciona la preocupación por la seguridad vial como un detractor de la movilidad pública.

Los resultados del análisis multivariado son consistentes en general con los del análisis bivariado, tanto en signo como en relevancia, aunque en algunos casos la agrupación de medios de transporte complejiza la comparación. Por ejemplo, en consonancia, los recursos económicos aumentan claramente las chances de la movilidad privada, al igual que la edad de los individuos. La mayoría de variables consideradas indica las mismas relaciones, aunque algunas estadísticas merecen comentarios. En relación al género los resultados son consistentes para la movilidad pública (significativamente más mujeres se mueven en autobús) y ambiguos para la movilidad activa, donde el modelo multivariado indica que el género femenino reduce la propensión a realizar traslados a pie o en bicicleta a pedal, mientras que el análisis correlacional muestra mayor presencia de mujeres en ambos medios de transporte (esto también influenciado por la composición de la muestra). La principal diferencia en los factores considerados reside en el hecho de haber incluido en los modelos probit, variables asociadas a los motivos del viaje, propiedad de medios de transporte y factores que se consideran al momento de decidir en qué medio de transporte trasladarse.

Complementariamente, los factores correlacionados (sección 3.2) y los determinantes (sección 3.3) de las decisiones de movilidad urbana identificados en el presente estudio se condicen ampliamente con los antecedentes empíricos. Las relaciones negativas entre la variable dependiente movilidad activa (M1) y los determinantes distancia y motivo laboral del viaje se alinean con los resultados de Marquet y Miralles-Guasch (2014), quienes encuentran que las caminatas menores a 10 minutos se usan para traslados cortos y por razones personales, y con Medina (2019) que indica que al no contar con transporte privado las personas de mayor edad tienden a optar por quedarse en sus casas si no tienen obligaciones laborales. Asimismo, la preponderancia del género femenino en el análisis correlacional de movilidad a pie es consistente con Fisú et al. (2024) y Marquet y Miralles-Guasch (2014). En la propensión al uso de movilidad pública (M2) el efecto positivo del género femenino se condice con Tyrinopoulos y Antoniou (2013). En el modelo que explica la propensión al uso de la movilidad privada (M3) tres de los determinantes vinculados positivamente también se respaldan con la literatura previa: distancia frecuente del viaje (Fisú et al., 2024), recursos disponibles según nivel socioeconómico (Medina, 2019; Ahmad y de Oliveira, 2016) y propiedad de un automóvil (Lee et al., 2022; Medina, 2019). También puede encontrarse alineación de estos resultados con lo indicado por Macedo et al. (2022) que indican que los individuos de ingresos altos son selectivos en la elección de medios para su movilidad, siendo menos diversa, y recorren menores distancias. Dentro del análisis bivariado, los hallazgos que muestran la preponderancia de hombres adultos (mayores a 40 años) en el uso de motocicletas a combustión concuerdan con los resultados de Fisú et al. (2024), resaltando que las motocicletas son uno de los medios para tráfico urbano con mayor contribución a la emisión de gases contaminantes al medio ambiente en la ciudad. (Grassi et al., 2021b).

Solo se identifican dos cuestiones disidentes entre los resultados correlacionales y la literatura empírica previa. Respecto a la movilidad a pie, los hallazgos del presente trabajo indican que son más frecuentes en individuos jóvenes (entre 25-30 años), mientras que Marquet y Miralles-Guasch (2014) encuentran que, si bien los jóvenes usan la movilidad activa, a medida que aumenta la edad se realizan mayormente viajes cortos a nivel barrial. Por otra parte, la mayor proporción de mujeres en el uso de VCP contrasta con los resultados de Tyrinopoulos y Antoniou (2013) quienes revelan la mayor proporción de hombres en el uso de automóviles a combustión.

Por último, se destaca la relevancia y significancia estadística de determinantes identificados en el presente trabajo de los que no se reconoce evidencia empírica previa dada la revisión de literatura efectuada. Se trata de los factores que los encuestados declaran como influyentes en la selección de los medios de transporte. En particular, según los presentes hallazgos, la disponibilidad de tiempo para el viaje influye negativamente en la movilidad activa y pública (M1 y M2) y positivamente en la movilidad privada (M3). La flexibilidad horaria y la comodidad del traslado se vinculan negativamente con la movilidad activa (M1) y positivamente con la movilidad privada (M3). La condición meteorológica, los costos del traslado y la conciencia del impacto ambiental se asocian positivamente con la movilidad activa (M1) y negativamente con la movilidad privada (M3).

5. Conclusiones

El trabajo se realiza en el marco de un proyecto interinstitucional, internacional e interdisciplinario de investigación aplicada, aprobado por la Organización Universitaria Iberoamericana en una convocatoria orientada a los ODS de Naciones Unidas. En particular, este artículo presenta un análisis de las elecciones de movilidad urbana de la comunidad de Bahía Blanca, que describe los medios de transporte más utilizados e identifica los factores influyentes en las preferencias de movilidad de la ciudadanía, con base en datos primarios recolectados sobre una muestra significativa de la población en una ciudad argentina.

Entre las limitaciones de este artículo, se puede mencionar la utilización de un cuestionario autoadministrado en línea como instrumento de recolección de datos, que puede presentar algún tipo de sesgo etario, socioeconómico y de educación en la muestra alcanzada. Asimismo, se identifican variables que han quedado sin incluir en el análisis, tales como el nivel educativo (Dingil & Esztergár-Kiss, 2021) y la zona de destino de los viajes más frecuentes (se cuenta con el dato del barrio de origen y la distancia promedio, pero no destino, lo que podría haber ayudado en el diagnóstico de problemas de infraestructura barrial). Finalmente, no se han triangulado fuentes de datos, pero estas limitaciones pierden relevancia al considerar este estudio como una pieza más del puzzle que propone y ejecuta el proyecto de investigación en el que se enmarca este particular avance.

Se identifican significativas contribuciones a partir de los resultados presentados. Desde el punto de vista académico el trabajo compila una serie de estudios sobre los factores influyentes de la movilidad urbana y realiza un análisis empírico aplicado al caso de una ciudad media, que son urbes menos estudiadas que las grandes puesto que los problemas de tránsito son de menor escala. Estas investigaciones sobre movilidad desde un abordaje interdisciplinario son necesarias para generar información que permita el análisis y la elaboración de políticas para mejorar la dinámica de las ciudades a partir de un crecimiento urbano armónico con el desarrollo sostenible.

En términos prácticos, la investigación identifica variables clave para mejorar la propensión a realizar movilidad activa y movilidad pública, en consonancia con otros trabajos realizados en el marco del mismo proyecto de investigación. Por supuesto, no todas las variables son controlables, por lo que el margen para propuestas que generen cambios de hábitos debe orientarse a la disponibilidad y condiciones de los medios de transporte, infraestructura y factores que afecten las decisiones de movilidad.

En particular, la movilidad activa genera, además de sustanciales mejoras en la salud de los individuos y por lo tanto una reducción significativa de la probabilidad de muerte prematura, menores costos explícitos y una reducción del impacto ambiental de la movilidad (Pesce et al., 2023a; Grassi et al., 2021a). Entonces, para distancias razonables y dependiendo de las particularidades geográficas de la ciudad, el estado debiera estar interesado en promover el traslado a pie y en bicicleta a pedal, ambos medios de transporte superadores desde una mirada puesta en la sostenibilidad de la ciudad. Para ello, una de las herramientas que surge del análisis, es la información necesaria sobre los impactos ambientales y en la salud que provocan las decisiones de movilidad, para generar sensibilidad y concientizar al respecto. De hecho, las personas que consideran este factor al momento de elegir su medio modal tienen casi un 13% más de probabilidad de moverse activamente, lo que se identifica como el mayor efecto marginal positivo sobre este tipo de movilidad. También información sobre las condiciones meteorológicas y la disponibilidad de bicicletas puede colaborar a que se incremente la adopción de la movilidad activa.

En relación a la movilidad pública, la mejora en los tiempos de viaje, la reducción de accidentes viales y el menor costo del traslado en relación a otros medios de transporte, pueden incidir positivamente para que la población se mueva en autobús. Esto es preferible en términos ambientales respecto a la movilidad privada, puesto que reduce significativamente la cantidad de vehículos a combustión que emiten gases de efecto invernadero al ambiente, como han evidenciado estudios realizados durante la pandemia por COVID-19 (Grassi et al., 2021a), así como la congestión de tránsito y, por lo tanto, disminuye en consecuencia el estrés de los conductores y la cantidad de accidentes entre otros factores negativos de la circulación vehicular alta.

A modo de cierre, las investigaciones que articulan diferentes factores de los pilares del desarrollo sostenible (económico, ambiental y socio-político-cultural), combinando y construyendo conocimiento desde diferentes disciplinas y especialidades, son el desafío a superar para generar políticas que promuevan hábitos en pos del cumplimiento de los ODS.

Financiación

Este trabajo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación aplicada sobre “Propuestas de movilidad urbana sostenible desde una perspectiva multidimensional”, aprobado y financiado por la Organización Universitaria Interamericana, bajo la dirección de la Dra. Gabriela Pesce (<https://oui-iohe.org/es/ods-2-1-1/#1703109292598-083a1b6a-5cbe>).

Anexos

Anexo I: Guion del cuestionario utilizado para la recolección de datos primarios

Diagnóstico sobre movilidad de la ciudadanía

En el marco de un proyecto sobre movilidad sustentable, estamos efectuando un diagnóstico dirigido a personas mayores de 16 años que se movilizan dentro de la ciudad de Bahía Blanca. Esta información nos servirá para avanzar a la siguiente etapa donde propondremos cambios que favorezcan y alienten una movilidad más sustentable. Las respuestas son anónimas y serán utilizadas solo con fines académicos. ¡Agradecemos de antemano su participación! Si Ud. está respondiendo desde un dispositivo móvil, sugerimos configurar la pantalla horizontal para una visualización más amigable.

Sobre sus datos sociodemográficos

1. Edad

2. Género

Femenino

Masculino

Otro

3. Barrio o localidad de residencia permanente

Si precisa orientación de su barrio, puede consultar en esta web: <https://www.bahia.gob.ar/mapas/barrios/>

1 de Mayo

5 de Abril y E. de Comercio

12 de Octubre

Altos de Palihue

(Continúa listado de opciones con 101 barrios)

4. Considera que sus recursos económicos actuales son:

Insuficientes para necesidades básicas

Suficientes apenas para necesidades básicas

Suficientes para necesidades básicas, con excedente para otros gastos y/o ahorros

Sobre sus decisiones de movilidad actual

5. ¿Dispone de los siguientes medios de transporte? Marque las opciones con las que cuenta.

Bicicleta a pedal

Automóvil particular a combustión

Bicicleta eléctrica

Camioneta tipo pick-up

Monopatín eléctrico

Ninguno

Motocicleta a combustión

Otra

Motocicleta eléctrica

6. ¿Cuántas veces por día, en promedio, se traslada fuera de su casa en días de semana? (Observación: sale y regresa cuenta como 1 vez)

1 vez por día

4 veces por día

2 veces por día

5 veces por día

3 veces por día

más de 5 veces por día

7. ¿Cuál es la distancia máxima que recorre hasta el punto de destino en su viaje más frecuente?

hasta 1 km.

hasta 3 km.

hasta 5 km.

hasta 2 km.

hasta 4 km.

hasta 6 km.

(Continúa listado de opciones con hasta "más de 50 km.")

8. De 10 veces que se traslada, en promedio, ¿cuántas utiliza cada medio de transporte? Completar hasta sumar 10 (por ejemplo: si Ud. de 10 viajes suele realizar 7 en colectivo y 3 a pie, marca 7 en la fila colectivo y 3 en la fila a pie).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A pie										
Colectivo de línea/bus										

Bicicleta a pedal										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bicicleta eléctrica										
Monopatín eléctrico										
Motocicleta a combustión										
Motocicleta eléctrica										
Automóvil particular										
Automóvil compartido										
Camioneta tipo pick-up										
Taxi/Remís										
Otro (especifique a continuación)										

En caso de haber elegido otro medio, especifique cuál/es.

9. ¿Combina medios de transporte para llegar a sus destinos habituales?

- Sí
- No

9.bis) En caso de responder SÍ en pregunta 9, ¿cuáles combina? Seleccione todos los que utiliza:

- A pie
- Colectivo de línea/bus
- Bicicleta a pedal
- Bicicleta eléctrica
- Monopatín eléctrico
- Motocicleta a combustión
- Motocicleta eléctrica
- Automóvil particular
- Automóvil compartido
- Camioneta tipo pick-up
- Taxi/Remís
- Otra

10. Ordene los 3 motivos principales por los que realiza viajes semanalmente:

	1° más frecuente	2° más frecuente	3° más frecuente
Desplazamiento por trabajo			
Desplazamiento por estudio			
Traslado de familiares			
Compras			
Deportes			
Salud (atención médica)			
Motivos personales (visitas, paseos)			
Otro (especifique a continuación)			

En caso de haber elegido otro motivo, especifique cuál/es.

11. ¿Cuáles son los factores que inciden en mayor medida en su selección de medios de transporte? Elija los que considere más importantes.

- Costos de la movilidad
- Disponibilidad de tiempo
- Condición meteorológica
- Flexibilidad horaria o tiempos de espera
- Educación vial
- Conciencia del impacto ambiental que genera
- Seguridad personal (riesgo de robo o hurto)

- Seguridad vial (riesgo de accidente)
- Seguridad en el estacionamiento (riesgo de robo)
- Disponibilidad de estacionamiento
- Congestión del tránsito
- Estado de salud
- Contextura física
- Necesidad de aseo y/o cambio de indumentaria
- Conectividad por ciclovías
- Traslado con acompañantes menores o con dificultades en su movilidad
- Equipaje a trasladar consigo
- Necesidad de recarga de batería
- Riesgo sanitario derivado de compartir movilidad
- Comodidad de traslado
- Otro: _____

12. ¿Qué motivos le impiden o reducen la frecuencia de uso de una modalidad de transporte más sustentable para distancias factibles? (por ejemplo, a pie, en bicicleta, compartiendo medio de transporte)

- Costos de la movilidad
- Disponibilidad de tiempo
- Condición meteorológica
- Inflexibilidad horaria o tiempos de espera
- Educación vial
- Falta de conciencia del impacto ambiental que genera
- Seguridad personal (riesgo de robo o hurto)
- Seguridad vial (riesgo de accidente)
- Seguridad en el estacionamiento (riesgo de robo)
- Disponibilidad de estacionamiento
- Congestión del tránsito
- Estado de salud
- Contextura física
- Necesidad de aseo y/o cambio de indumentaria
- Conectividad por ciclovías
- Traslado con acompañantes menores o con dificultades en su movilidad
- Equipaje a trasladar consigo
- Necesidad de recarga de batería
- Riesgo sanitario derivado de compartir movilidad
- Otro: _____

Su opinión sobre otras alternativas de movilidad

13. ¿Comparte o estaría dispuesto a compartir su auto con personas que contacte mediante una aplicación móvil?

- Sí, actualmente comparto con personas conocidas o desconocidas
- Sí, actualmente comparto solo con personas conocidas
- Sí, estaría dispuesto a compartir con personas conocidas o desconocidas
- Sí, estaría dispuesto a compartir solo con personas conocidas
- No estaría dispuesto a compartir
- No tengo vehículo propio

14. ¿Comparte o estaría dispuesto a compartir su viaje en un vehículo ajeno con personas que contacte mediante una aplicación móvil?

- Sí, actualmente comparto con personas conocidas o desconocidas
- Sí, actualmente comparto solo con personas conocidas
- Sí, estaría dispuesto a compartir con personas conocidas o desconocidas
- Sí, estaría dispuesto a compartir solo con personas conocidas
- No estaría dispuesto a compartir

15. Si comparte vehículo actualmente, propio o ajeno, ¿bajo qué condiciones se organizan?
16. Según su percepción acerca del tránsito en la ciudad, valore las siguientes opciones acerca de los problemas existentes.

	No importante	Importante	Muy importante
Congestión de tránsito			
Estado de las calles			
Educación vial			
Estado de las vías periféricas			
Seguridad en el traslado			
Costo de estacionamiento			
Disponibilidad de estacionamiento			
Otros			

En caso de haber elegido otro problema especifique cuál/es.

17. ¿Qué medidas implementaría a fin de mejorar la movilidad en la ciudad? Seleccione las 3 que considere prioritarias.
- Mejorar el estado de las bicisendas actuales
 - Incrementar la cantidad de bicisendas disponibles
 - Aumentar la frecuencia de los colectivos
 - Modificar el recorrido de los colectivos
 - Separar la circulación de autos de los otros medios de transporte
 - Ensanchar las vías de automóviles en las calles principales de circulación de la ciudad
 - Ampliar las modalidades de transporte disponibles (ej. metro, bicicletas públicas)
 - Generar espacios para la adecuada circulación de peatones (análogo de bicisendas)
 - Mejorar la educación vial de los usuarios de los distintos medios de transporte (peatones, ciclistas, automovilistas, colectiveros)
 - Aplicar medidas de premio y castigo en pos de mejorar la conducción (ej.: premios a conductores responsables, mayores controles de tránsito, penalidades más severas)
 - Ampliar la zona del estacionamiento medido y/o incrementar su costo por hora
 - Brindar beneficios especiales para quienes se movilizan en medios sustentables
 - Otro: _____
18. ¿Tiene alguna propuesta para mejorar los problemas que atraviesa en su movilidad?
- Sí
 - No
18. bis) En caso de responder SÍ en la pregunta 18, explique su propuesta.
19. Comentarios/sugerencias adicionales.

Referencias

- Ahmad, S., & de Oliveira, J. A. P. (2016). Determinants of urban mobility in India: Lessons for promoting sustainable and inclusive urban transportation in developing countries. *Transport Policy*, 50, 106-114. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.04.014>
- Alsabbagh, H. (2024). Eastern paradigm of urban mobility: the case of Erbil city, Iraq. *Transportation*, 1-29. <https://doi.org/10.1007/s11116-024-10464-x>
- Bassolas, A., Barbosa-Filho, H., Dickinson, B., Dotiwalla, X., Eastham, P., Gallotti, R., Ghoshal, G., Gipson, B., Hazarie, S., Kautz, H., Kucuktunc, O., Lieber, A., Sadilek, A., & Ramasco, J. (2019). Hierarchical organization of urban mobility and its connection with city livability. *Nature Communications*, 10. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12809-y>
- De Witte, A., Hollevoet, J., Dobruszkes, F., Hubert, M., & Macharis, C. (2013). Linking modal choice to motility: A comprehensive review. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 49, 329-341. <http://doi.org/10.1016/j.tra.2013.01.009>
- Dingil, A.E., & Esztergár-Kiss, D. (2021). The Influence of Education Level on Urban Travel Decision-making. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 50(1), 49-57. <https://doi.org/10.3311/PPtr.16871>
- Fisu, A. A., Syabri, I., & Andani, I. G. A. (2024). How do young people move around in urban spaces?: Exploring trip patterns of generation-Z in urban areas by examining travel histories on Google Maps Timeline. *Travel Behaviour and Society*, 34, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2023.100686>
- Golbabaei, F., Yigitcanlar, T., & Bunker, J. (2021). The role of shared autonomous vehicle systems in delivering smart urban mobility: A systematic review of the literature. *International Journal of Sustainable Transportation*, 15(10), 731-748. <https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1798571>
- Grassi, Y., Brignole, N., & Díaz, M. (2021a). Pandemic impact on air pollution and mobility in a Latin American medium-size city. *International Journal of Environmental Studies*, 79(4), 624-650. <https://doi.org/10.1080/00207233.2021.1941662>
- Grassi, Y., Brignole N., & Díaz, M. (2021b). Vehicular fleet characterisation and assessment of the on-road mobile source emission inventory of a Latin American intermediate city. *Science of the Total Environment* 792, 148255. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148255>
- Greifenstein, M. (2024). Factors influencing the user behaviour of shared autonomous vehicles (SAVs): A systematic literature review. *Transportation Research: Part F*, 100, 323-345. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2023.10.027>
- Gujarati, D.N., & Porter, D.C. (2011). *Econometria Básica-5*. McGraw Hill.
- Gurdon, C. (2023). Avanzando hacia una planificación integrada y sostenible de la movilidad. *Revista de Estudios Urbano Regionales*, 49(146), 1-4. <https://doi.org/10.7764/EURE.49.146.14>
- Hartl, R., Harms, P., & Egermann, M. (2024). Towards transformation-oriented planning: what can sustainable urban mobility planning (SUMP) learn from transition management (TM)?. *Transport Reviews*, 44(1), 167-190. <https://doi.org/10.1080/01441647.2023.2239497>
- Hassold, A. C., & Gavira-Narváez, A. (2024). Análisis de las conductas de movilidad de los estudiantes de Geografía e Historia de la Universidad Pablo de Olavide. *Investigaciones Geográficas*, (81), 71-92. <https://doi.org/10.14198/INGEO.25758>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de La Investigación*. (6ta. ed.). McGraw-Hill.
- Ho, C. Q., & Tirachini, A. (2024). Mobility-as-a-Service and the role of multimodality in the sustainability of urban mobility in developing and developed countries. *Transport Policy*, 145, 161-176. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.10.013>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2023). *Resultados definitivos Censo 2022*. https://censo.gob.ar/index.php/datos_definitivos_bsas/
- Javaid, A., Creutzig, F., & Bamberg, S. (2020). Determinants of low-carbon transport mode adoption: systematic review of reviews. *Environmental Research Letters*, 15, 103002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aba032>

- Lee, S., Lee, J., Mastrigt, S. H., & Kim, E. (2022). What cities have is how people travel: Conceptualizing a data-mining-driven modal split framework. *Cities*, 131, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103902>
- Letmathe, P., & Paegert, M. (2024). External effects of urban automated vehicles on sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 434. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140257>
- Liu, X., Dijk, M., & Colombo, C. (2024). Improving multilevel policy mixes for sustainable urban mobility transition. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2023.100808>
- Long, S., & Freese, J. (2001). *Regression Models for Categorical Dependent Variables Using Stata*. Stata Press.
- Lopera-Quiroz, C., Lopera-Calle, M., & Duque-Quintero, D. A. (2019). La universidad verde: percepciones de la comunidad universitaria en el proceso de transformación hacia la sostenibilidad. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (57), 157-174. <https://doi.org/10.35575/rvucn.n57a11>
- Macedo, M., Lotero, L., Cardillo, A., Menezes, R., & Barbosa, H. (2022). Differences in the spatial landscape of urban mobility: gender and socioeconomic perspectives. *Plos one*, 17(3), e0260874.
- Marquet, O., & Miralles-Guasch, C. (2014). Walking short distances. The socioeconomic drivers for the use of proximity in everyday mobility in Barcelona. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 70, 210-222. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.10.007>
- Medina, V. D. (2019). Movilidad urbana en la Patagonia norte argentina: una aproximación a la ciudad turística de San Carlos de Bariloche. *Investigaciones Geográficas: Una Mirada Desde El Sur*, (57). <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2019.53711>
- Medina-Molina, C., & de la Sierra Rey-Tienda, M. (2022). The transition towards the implementation of sustainable mobility. Looking for generalization of sustainable mobility in different territories by the application of QCA. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 1(2). <https://doi.org/10.1016/j.stae.2022.100015>
- Mendiola, L., & González, P. (2021). Urban development and sustainable mobility: a spatial analysis in the buenos aires metropolitan area. *Land*, 10(2), 157. <https://doi.org/10.3390/land10020157>
- Murillo Barreto, C. A., & Delgado, D. (2023). Análisis del sistema de transporte urbano en la ciudad de Bahía de Caráquez-Ecuador. *Dominio De Las Ciencias*, 9(3), 1201-1227. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3495>
- Pesce, G., Chiacchiarini, H., & Pedroni, F. (14 de noviembre de 2023a). *Movilidad urbana sostenible: diagnóstico y propuestas de mejora para un campus universitario*. 3° Seminario de Finanzas Sustentables FCE UBA. Evento virtual organizado Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Ares (FCA, UBA). https://www.youtube.com/watch?v=wyRliZHus_o&t=2890s
- Pesce, G., Chiacchiarini, H., & Pedroni, F. (2024). Alternativas de movilidad urbana sostenible para un campus universitario: Matriz de impactos y valoración eco-socio-ambiental. *Revista De Investigación En Modelos Financieros*, 1, 132-147. [https://doi.org/10.56503/rimf/Vol.1\(2024\)/3065](https://doi.org/10.56503/rimf/Vol.1(2024)/3065)
- Pesce, G., Pedroni, F., Rivero, M. A., Chiacchiarini, H. G., Grassi, Y. S., & Díaz, M. F. (2023b). Understanding Urban Mobility Habits and Their Influencing Factors on a University Campus in Argentina. In *Sustainable Smart Cities and Territories International Conference* (pp. 111-123). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36957-5_10
- Pesce, G., Saborido, T., Rivero, M. A., & Pedroni, F. (2023c). *Public bus transportation analysis: A case study of sustainable mobility in Argentina*. In *Proceedings from International Conference on Sustainable Development*. <https://ic-sd.org/wp-content/uploads/2023/10/ID301-Pesce-Saborido-Rivero-Pedroni-Public-bus-transportation--Theme-6A.pdf>
- Reul, J., Grube, T., & Stolten, D. (2021). Urban transportation at an inflection point: An analysis of potential influencing factors. *Transportation research part D: transport and environment*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102733>
- Saladié, Ò., & Jurado, J. (2015). La movilidad en el campus Vila-seca de la URV: propuestas para una movilidad más sostenible. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, (64), 163-182. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17643402010>

- Tona, D., Bekhor, S., Cats, O., Duives, D. C., Hoogendoorn-Lanser, S., & Hoogendoorn, S. P. (2020). The experienced mode choice set and its determinants: Commuting trips in the Netherlands. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132, 744-758. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.12.027>
- Tyrinopoulos, Y. & Antoniou, C. (2013). Factors affecting modal choice in urban mobility. *European Transport Research Review*, 5, 27-39. <https://doi.org/10.1007/s12544-012-0088-3>
- Vasconcellos, E. A. D. (2019). *Contribuciones a un gran impulso ambiental para América Latina y el Caribe: movilidad urbana sostenible*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://hdl.handle.net/11362/44668>
- Velasco, A., & Gerike, R. (2024). A composite index for the evaluation of sustainability in Latin American public transport systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 179. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103939>
- Viego, V., & Volonté, C. (2016). Eficiencia del transporte urbano de pasajeros en la localidad de Bahía Blanca, Argentina 2007-2014. *Semestre Económico*, 19(41), 37-53. <https://doi.org/10.22395/seec.v19n41a2>
- Zapata-González, L., Quiceno-Hoyos, A., & Tabares-Hidalgo, L. (2016). Campus universitario sustentable. *Revista de Arquitectura*, 18(2), 107-119. <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2016.18.2.10>

Conflicto y movimientos sociales en el litoral de la Comunitat Valenciana

Conflict and social movements on the Valencian coastline

AUTORÍA

José Vicente Sánchez Cabrera 

Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local.
Departamento de Geografía. Universitat de València, España.

Adrián Ferrandis Martínez 

Departamento de Geografía. Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local. Universitat de València, España.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.28540>

CITACIÓN

Sánchez Cabrera, J. V. & Ferrandis Martínez, A. (2025). Conflicto y movimientos sociales en el litoral de la Comunitat Valenciana. *Investigaciones Geográficas*, (83), 219-247. <https://doi.org/10.14198/INGEO.28540>

CORRESPONDENCIA


José Vicente Sánchez Cabrera (jose.vicente.sanchez@uv.es)

HISTORIA

Recibido: 26 octubre 2024
Aceptado: 22 diciembre 2024
Publicado: 23 enero 2025

TÉRMINOS

© 2025 José Vicente Sánchez Cabrera, Adrián Ferrandis Martínez

 Este trabajo se publica bajo una licencia [Creative Commons de Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Resumen

El litoral valenciano es un espacio geográfico muy cotizado, sometido a enormes presiones, que se presta al debate cuando el turismo se confunde con el negocio inmobiliario. El patrimonio territorial debería considerarse el verdadero atractivo que contribuya a impulsar un desarrollo más innovador y sostenible. Sin embargo, en su dinamismo socioeconómico surgen cambios muy rápidos que pueden ser traumáticos para la sociedad. Este trabajo presenta una primera geografía del conflicto social, cuando éste se acompaña de movilizaciones ciudadanas. El método de estudio parte de un inventario de casos conflictivos que permite una primera clasificación de los mismos. La taxonomía y cartografiado de los casos en los últimos cincuenta años, encuentra en el método inductivo el mejor acomodo científico. De igual manera, los resultados permiten interesantes debates sobre la influencia que pudieran tener los movimientos sociales en la toma de decisiones territorial. El trabajo se ancla en una amplia literatura científica de carácter multidisciplinar (geografía, sociología, derecho...). Los primeros hallazgos derivados de esta clasificación permiten pensar que el litoral ha sido escasamente reivindicado por la sociedad valenciana, mientras que las administraciones han actuado en ocasiones de forma dubitativa. De este modo, de los resultados finales obtenidos se deduce que la Comunitat Valenciana aporta el 21 % del territorio litoral del mediterráneo occidental y solo acredita un 14 % de los casos con movilización ciudadana. Además, solo la protección efectiva se acredita cuando se aprueba una figura vinculada a la red de Espacios Naturales Protegidos, acreditando el fracaso de los instrumentos territoriales y urbanísticos en esta comunidad autónoma. Estas posiciones dejan al litoral valenciano en una situación de vulnerabilidad alarmante.

Palabras clave: ordenación del territorio; protección costera y del litoral; espacios naturales; paisaje; gobernanza; concertación social.

Abstract

The Valencian coastline is a highly prized geographical area, subject to immense pressures, and constituting a point of debate when tourism is conflated with the real estate business. Territorial heritage should be regarded as the true attraction that contributes to promoting more innovative and sustainable development. However, the socio-economic dynamism of these areas leads to very rapid changes that can be

traumatic for society. This study presents an initial geography of social conflict, especially when accompanied by citizen mobilizations. The research method is based on an inventory of conflict cases that allows for an initial classification. The taxonomy and mapping of cases over the last fifty years has found the best scientific alignment in the inductive method. Similarly, the results allow for interesting debates on the influence that movements might have on territorial decision-making. The work is anchored in a broad multidisciplinary scientific literature (geography, sociology, law...). The preliminary findings from this classification suggest that the coastline has been poorly defended by Valencian society, while administrations have sometimes acted hesitantly. Thus, from the final results obtained, it may be deduced that the Region of Valencia accounts for 21% of the coastal territory of the western Mediterranean and only for 14% of the cases with citizen mobilization. Furthermore, effective protection is only accredited when a figure linked to the network of Protected Natural Spaces is approved, demonstrating the failure of territorial and urban planning instruments in this autonomous region. These positions leave the coastline in a vulnerable situation that is considered alarming.

Keywords: Spatial planning; Coastal and shoreline protection; Natural areas; Landscape; Governance; social agreement.

1. Introducción

En las últimas décadas, los conflictos sociales y las movilizaciones ciudadanas en las zonas costeras y del litoral, se han convertido en fenómenos importantes para comprender las dinámicas sociales y económicas en estos ámbitos geográficos. Se trata de lugares donde se encuentran abundantes recursos naturales, culturales y también elementos de carácter estratégico para el desarrollo económico. Muchos de estos procesos se han desarrollado bajo la sombra de un urbanismo promiscuo y exacerbado, que ha sido uno de los motivos de la transformación y cambio en el territorio litoral valenciano (Capdepón, 2016). Si se sigue este razonamiento, es fácil entender que las zonas costeras y del litoral, gozan de una serie de atractivos que la hacen un espacio diferencial frente a otros territorios con menos posibilidades de desarrollo. Así, estos territorios se convierten en un escenario propicio para aflorar todo tipo de tensiones y conflictos entre los diferentes actores sociales. El impacto de estos altercados es, en ocasiones, muy relevante. En este sentido, los conflictos pueden manifestar todo tipo de disputas por el uso concreto o futuro de estos territorios.

Autores como Muradian et al. (2012) señalan que, en un mundo densamente poblado, la transformación de los sistemas de control, extracción y suministro de los recursos naturales, favorecen la aparición de los conflictos en el seno de las sociedades. En este marco, la movilización ciudadana adquiere un papel protagonista en la protección de los derechos y en la formulación de demandas colectivas en estos lugares. Las movilizaciones de la población demuestran la creciente capacidad de los ciudadanos para influir en la toma de decisiones públicas.

En ocasiones, estos fenómenos nacen del activismo de unas pocas personas, pero si este germen social continúa desarrollándose, el fenómeno puede adquirir una envergadura y un poder muy considerables (Cruz, 2008). El movimiento ecologista es un buen ejemplo de ello, pero no es el único. La variabilidad de casos permite identificar y analizar un gran número de disputas, sobre todo en aquellas geografías más codiciadas o pretendidas para la exploración humana (Alfama et al., 2007; Ortega, 2009; Sánchez, 2019; Nuss et al., 2020).

El carácter e intensidad de todas estas transformaciones, resultado de las correspondientes dinámicas territoriales, pueden precipitar la reacción ciudadana. Nel-lo (2003), Amat (2012) o Romero (2022), coinciden en apuntar como principales factores de la movilización ciudadana las siguientes causas:

- a) La aparición de una serie de actores normalmente externos al territorio, visibilizado en forma de empresas y capitales que pretenden transformarlo.
- b) La intensidad y carácter de estas transformaciones, con la capacidad de provocar importantes perturbaciones en el marco de los recursos territoriales, el patrimonio personal y colectivo, la salud o la seguridad ciudadana.
- c) La ausencia de directrices claras en materia de ordenación territorial, capaces de adecuar y coordinar los diferentes planes y proyectos.
- d) La pérdida de confianza de la sociedad en los políticos y en las administraciones públicas. Contribuye a ello los escenarios de corrupción sistémica que puede anidar con cierta facilidad entre los tomadores de decisiones, en plena connivencia con otros grupos de interés.

Estos factores ayudan a comprender la creciente preocupación ciudadana y la aparición de movilizaciones en defensa del territorio. Movilizaciones que, por otra parte, han sido más intensas en un contexto de desorden

territorial con graves implicaciones sociales, económicas y medioambientales. En este contexto, surge como principal hipótesis comprobar, si el número de casos con movilización ciudadana aparejada ha permitido proteger en mayor medida el territorio litoral en la Comunitat Valenciana.

Para verificar el punto de partida expuesto, se ha realizado un completo volcado estadístico basado en la identificación de los casos conflictivos vinculados con la movilización social, dentro del espacio costero y litoral de la Comunitat Valenciana. El inventariado se remonta a los años sesenta y setenta del siglo pasado, momento en que despegaba el sector turístico hasta convertirse en un fenómeno de masas (Gaviria, 1974; Vera, 1987). En realidad, la costa valenciana ha sido el escenario de un buen número de disputas, en general muy vinculadas a determinados ciclos de expansión inmobiliaria e implantación de determinadas infraestructuras (Naredo & Montiel, 2012). Gracias a este tipo de trabajos, es posible mejorar el conocimiento de partida, así como los principales problemas y conflictos en el espacio litoral. Así, puede ser muy útil para identificar situaciones de riesgo por choque social, además de estudiar posibles soluciones orientadas a la mediación de estos conflictos.

Conviene advertir que los movimientos sociales muestran un amplio espectro de posicionamientos, roles y dinámicas de funcionamiento. A la hora de proteger, o en su caso ordenar el territorio litoral, se acumulan tanto “éxitos” como “fracasos”, entendiendo por “éxito” la salvación de los paisajes más escasos o de mayor valor en el litoral. De igual forma, se entenderá por “fracaso” la pérdida irreversible de estos lugares. De todas formas, sin la defensa férrea de muchos de estos ámbitos por parte de determinados grupos sociales, la destrucción del litoral en la Comunitat Valenciana, hubiera sido seguramente mayor.

Por tanto, el trabajo contribuye al mejor conocimiento de los movimientos sociales en los municipios litorales valencianos. Se ofrecen inventarios y cartografías variadas, que recogen aquellos episodios más conflictivos producidos en las últimas décadas. A partir de una exhaustiva documentación, se entiende que es posible calibrar el papel y el peso específico que han podido tener estos fenómenos, sobre todo cuando éstos han llevado aparejadas movilizaciones ciudadanas del tipo “Salvem” (Álvarez, 2019; Nuss et al., 2020). De igual manera, conviene no olvidar que una parte muy importante de la sociedad valenciana también ha reivindicado la transformación efectiva de estos territorios en favor de un negocio normalmente basado en el desarrollo urbanístico en el litoral.

2. Metodología

El estudio pretende y consigue elaborar una primera “cartografía de los conflictos” con una explotación de resultados vinculados. El trabajo permite toda una serie de valoraciones e interpretaciones basadas en la lectura de autores relevantes que han estudiado con anterioridad las dinámicas de transformación y cambio en estos espacios (Gaviria, 1974; Vera, 1987; Such, 1996; Peñín, 2006; Sánchez, 2011; Obiol & Pitarch, 2011; Capdepón, 2016). En el ejercicio compilatorio y estadístico, se han considerado todas las operaciones numéricas y las métricas que permiten medir estados, tendencias y fenómenos basados en la estadística descriptiva. De este modo, se ha podido medir la evolución o tendencias que permiten identificar patrones a lo largo del tiempo.

El proceso de documentación de información ha consistido en la recolección de un centenar de disputas sociales visibilizadas en las calles desde el año 1970 hasta el 2023. Las tareas de documentación comenzaron con la solicitud de información directa y primaria a los ayuntamientos (dirigido a los departamentos de urbanismo, medio ambiente o participación ciudadana). Por su relevancia, se consideran fuentes de información secundarias la consulta de hemerotecas, de los principales medios de comunicación y prensa escrita, la solicitud de información a distintas administraciones como la subdelegación del gobierno (para la obtención de permisos para manifestaciones), la consulta de boletines oficiales, etc.

El tratamiento de toda esta información se ha organizado en una base de datos trasladado a un Sistema de Información Geográfica de código abierto (GIS) (Martínez Marín et al., 2018; del Moral et al., 2020). Gracias a esta herramienta para elaborar cartografía, se ha podido sistematizar una gran cantidad de información debidamente georreferenciada. El cruce de metadatos ha producido una nueva “geografía de los conflictos” que complementa la explotación estadística de base descriptiva. Conviene señalar que la introducción de capas vectoriales en formato *shapefile* ha sido exacta o muy aproximada a la realidad, otorgando veracidad al estudio. Así, el trabajo rastrea el conflicto social vinculado a un caso de transformación territorial. Una vez realizada esta acción, se ha cruzado con distintas variables medioambientales y sobre todo con aquellas vinculadas con la situación jurídica del suelo. Las cartografías de referencia para realizar este contraste de

información, proceden de la llamada de datos a través del servicio de WMS-IDEV (GVA). Para comparar el resultado de la Comunitat Valenciana con otros territorios de referencia como es Catalunya, Murcia y Andalucía, ha sido necesario trabajar a través de una plataforma colaborativa ofrecida por *ARCGIS online*. Conviene anotar que este trabajo se enmarca dentro del proyecto competitivo I+D+I “Paisajes salvados/paisajes por salvar. Movilización social y preservación del paisaje en el litoral mediterráneo español (MOVXPAIMED, 2020)”, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Convocatoria 2020).

De este modo se asegura una adecuada visibilización de los conflictos en el litoral valenciano. El resultado final verifica que este tipo de herramientas es muy interesante, lo cual permite ampliar el espectro de los casos en futuros estudios. De igual manera, el trabajo se abre a interesantes posibilidades para llevarlo al ámbito de la toma de decisiones en el litoral. Por ejemplo, en los ámbitos de la participación pública de los propios planes o proyectos. No debe olvidarse que los conflictos sociales dejan tras de sí importantes enseñanzas que deben ser consideradas y previstas “ex ante”, sobre todo cuando se pretende ordenar el territorio.

3. Resultados

3.1. Distribución geográfica y antigüedad de los conflictos

Ha pasado más de medio siglo desde que empezara el fenómeno residencial y también turístico de masas en el litoral de la Comunitat Valenciana. Este proceso culmina en un modelo concreto de desarrollo urbanístico promiscuo que se agolpa en el espacio costero y litoral. En relación con los conflictos sociales identificados, esta situación se observa con más fuerza en la provincia de Alicante, que aglutina más del 50 % de los casos. No debe olvidarse que éste es el territorio que apostó de una forma más decidida por este tipo de desarrollos a partir de los años sesenta y setenta.

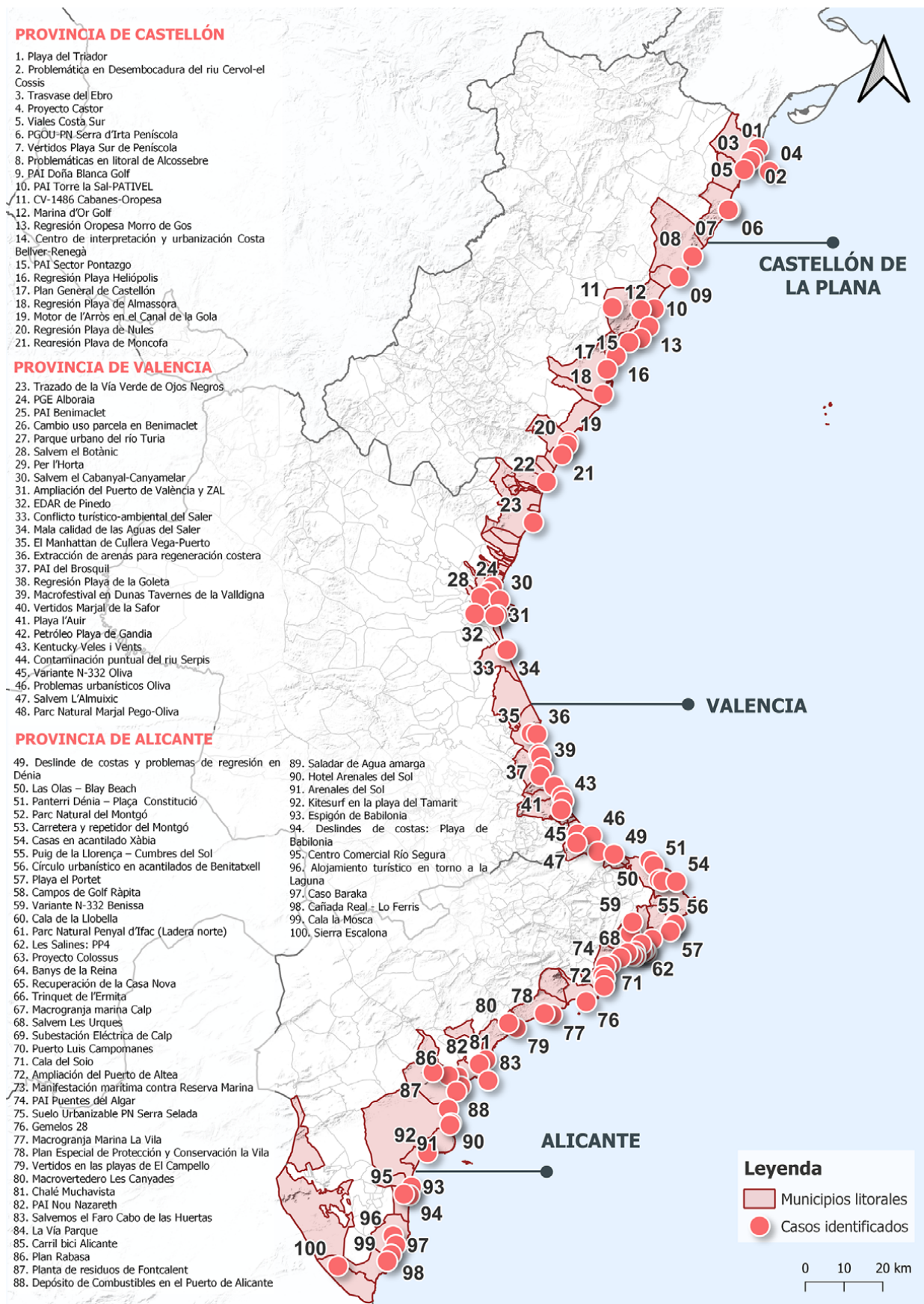
El análisis expuesto, recoge la vigencia de muchos patrones de crecimiento urbano que fueron experimentados hace más de medio siglo. Todavía hoy, se busca ocupar los paisajes litorales más valiosos de la Comunitat Valenciana. Un buen ejemplo de todas estas problemáticas se observa en municipios como Cullera (PAI de la Vega/Manhattan), el litoral de Benissa (la Llobella), o en cala Mosca (en Orihuela). Es llamativo el número de casos ocurridos en municipios como Calp, que es una de las localidades que más casos de conflictividad ha mostrado a lo largo de la historia reciente. Como es natural, las localidades de mayor tamaño acumulan un mayor número de iniciativas con posibilidades de activar procesos vinculados con la conflictividad. De igual manera, resulta ciertamente llamativo la “calma social” observada en ciudades de elevada especialización turística como es Benidorm. En esta ciudad, en concreto, se aplaudió sin demasiadas reservas su modelo turístico diseñado a mediados del siglo pasado. Al menos los efectos contestatarios apenas se han visibilizado en el seno de la sociedad local. Tampoco debe olvidarse que la ciudad impulsa un nuevo desarrollo turístico que era inédito hasta entonces. Este desarrollo turístico se apoya en un instrumento de planeamiento urbanístico concebido por y para el turismo. Es bien sabido que el plan se hace coincidir en su nacimiento con la primera ley moderna del suelo que se remonta al año 1956. En este sentido, la ciudad ha podido sacar partido desde una indiscutible intencionalidad turística (Iribas, 2000).

Cuando se analizan los datos, se confirma el efecto social que provocó la última burbuja inmobiliaria entre 1997 y 2007 (Burriel, 2008). Efectivamente, este periodo de tiempo se diferencia de lo que sucedía en los años setenta y ochenta del siglo pasado, época en la que los episodios contestatarios eran muy intensos, pero menos extendidos entre la población. Es innegable el rol que desempeñaron las primeras disputas con movilización social en la Devesa del Saler en Valencia. Este conflicto es particularmente revelador, debido a su intenso simbolismo durante la dictadura tardo-franquista y durante la transición democrática (Dolç, 2021).

En los mapas y gráficos anexos, se puede observar que solo 24 casos pertenecen a situaciones surgidas antes de la aparición del nuevo siglo, mientras que los demás se concentran a partir del año 2000. *A priori*, se pueden plantear dos lecturas que se antojan interesantes:

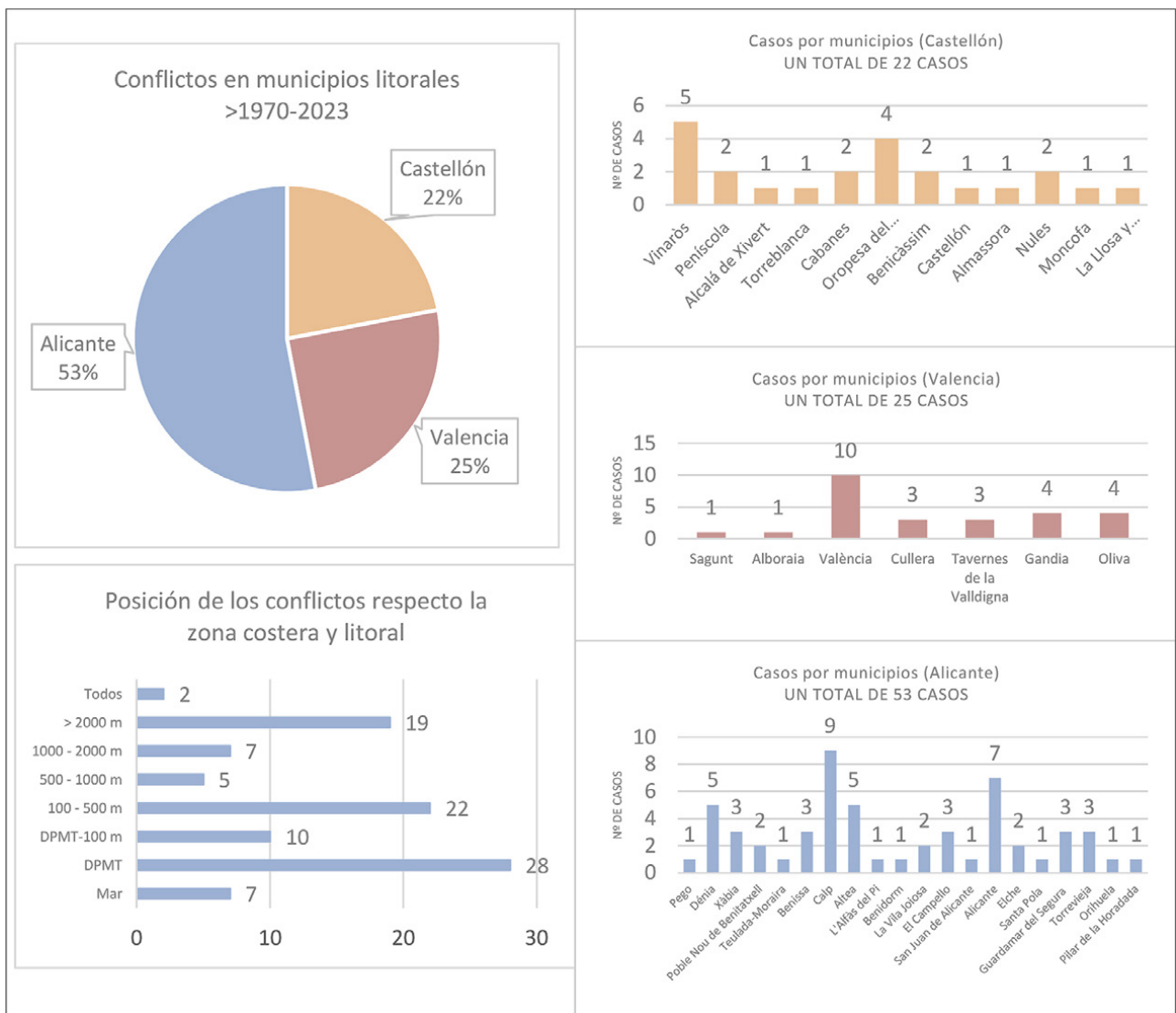
1. Se corrobora que la conflictividad está lógicamente relacionada con un incremento en la actividad transformadora del territorio. De hecho, se acentúan de forma sustancial durante los años en los que tuvo lugar la última burbuja inmobiliaria entre 1997 y el año 2007.
2. Se puede afirmar que los primeros años de conflicto presentan un significativo simbolismo debido a la importancia de los paisajes que finalmente fueron preservados mediante las figuras de los Espacios Naturales Protegidos (en adelante ENP). Todo ello se produjo en un contexto histórico en el que no existía la tradición reivindicativa y mucho menos una cultura participativa en España.

Figura 1. Geografía de los conflictos en el litoral valenciano



Elaboración propia, 2024

Figura 2. Casos conflictivos (provincias y municipios)

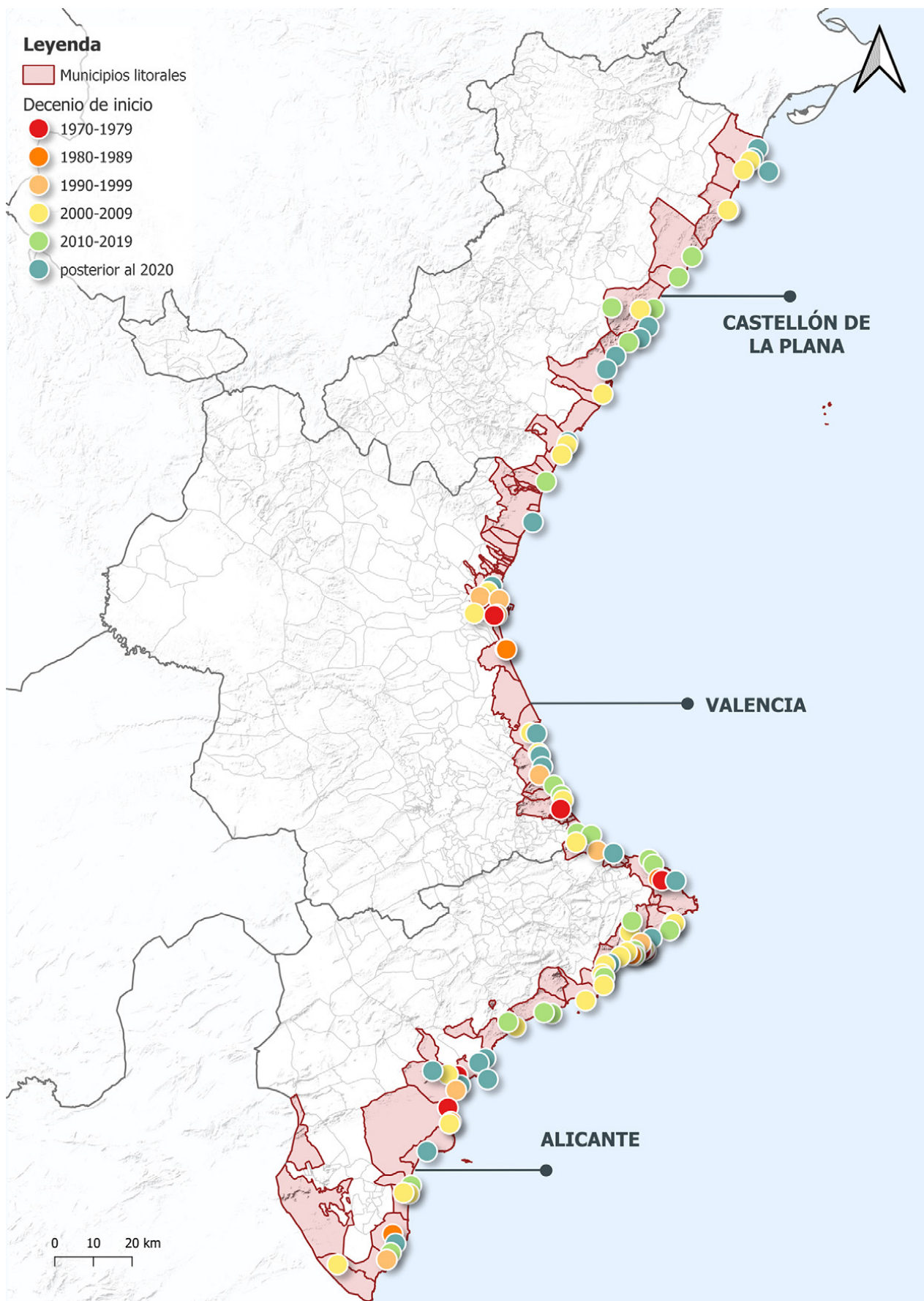


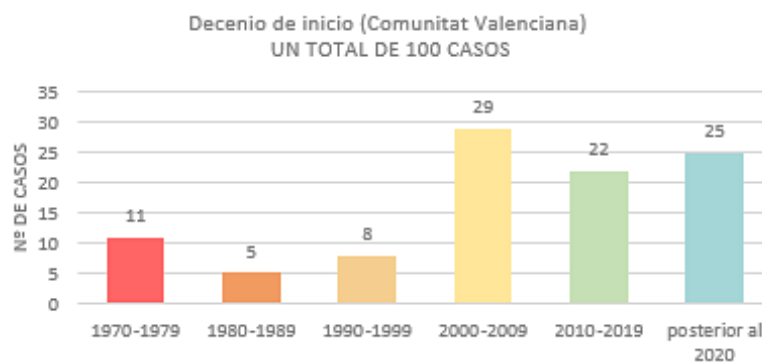
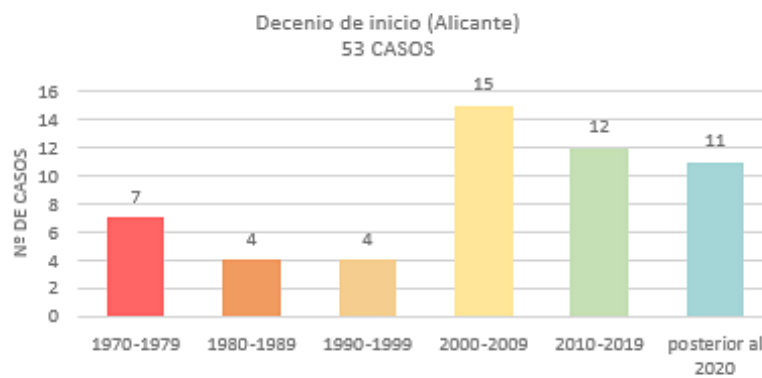
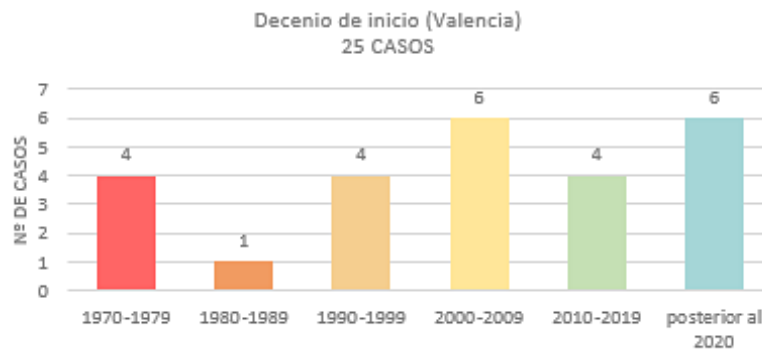
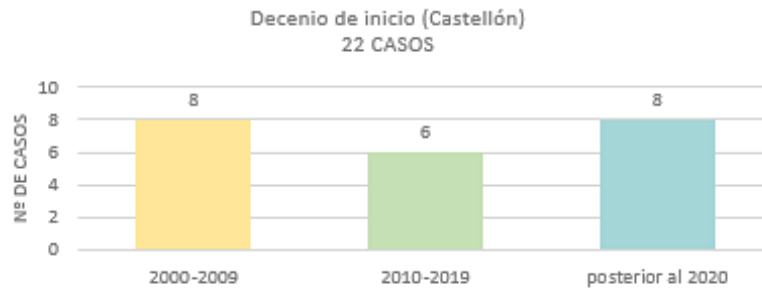
Elaboración propia, 2024

También es posible encontrar relaciones entre la antigüedad y los emplazamientos geográficos. Si Alicante fue la provincia más procaz a la hora de construir en su litoral, no hay que perder de vista lo ocurrido en municipios concretos como Peníscola. En esta localidad se sigue todavía hoy con una planificación urbanística que data de 1977, y que en origen pretendía urbanizar buena parte de la Serra d'Irta.

En cualquier caso, la gran mayoría de los conflictos identificados son bastante posteriores en el tiempo. Cabe atribuir a la citada burbuja inmobiliaria buena parte de esta responsabilidad. En algunas ciudades de la Comunitat, los movimientos sociales no obtuvieron demasiada respuesta. Ciudades como Torreveija, por poner un ejemplo, se convirtieron en un modelo de crecimiento replicado por otros municipios cercanos.

Figura 3. Clasificación cronológica de los conflictivos (provincias)



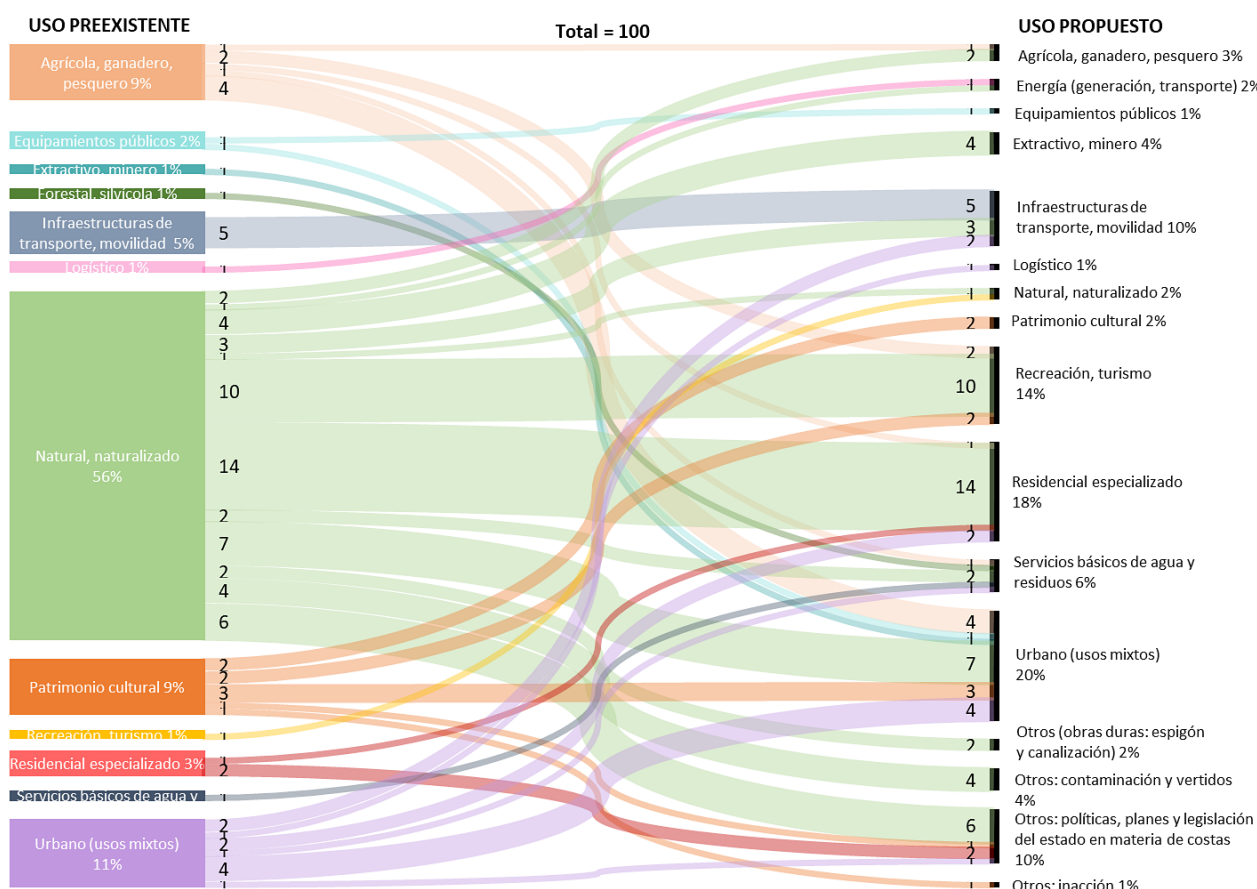


Elaboración propia, 2024

3.2. Impacto sobre los usos del suelo y el paisaje

El gráfico de Sankey (Schimdt, 2008), refleja de forma visual las relaciones existentes entre unos usos del suelo preexistentes (acreditan una situación básica rural o naturalizada) y cómo los planteamientos residenciales o de base turística se acaban imponiendo al final de los procesos. Se puede comprobar como la suma de todos los usos recreativos y turísticos, además de los residenciales especializados y de aquellos de tipo urbano que se encuentran más o menos mixtificadas, agrupan el 52 % de todos los casos analizados.

Figura 4. Usos iniciales y finales del suelo



Fuente: Sankey, 2008. Elaboración propia, 2024

El impacto sobre los usos del suelo y el paisaje es, sin duda, el que provoca mayores rechazos en la sociedad. También suscita polémica la inviabilidad de los propios proyectos cuando generan expectativas (en este caso a favor de la transformación territorial), o la proliferación de la propia corrupción, entre otros aspectos.

La transformación de unos usos del suelo litorales que se encuentran en un estado más o menos virginal, hacia otros de tamiz artificial, presupone la existencia de numerosos impactos territoriales que no conviene olvidar:

- 1) El consumo masivo de suelo en ausencia de una ordenación racional y planificada del territorio.
- 2) La congestión en la gran mayoría de municipios litorales (pérdida de identidad social y dificultadas para gestionar los flujos humanos y turísticos).
- 3) Los impactos destacados en espacios naturales, en el paisaje y en la producción vinculada al sector primario.
- 4) La contaminación de los suelos, acuíferos y los cauces de los ríos...
- 5) La privatización de áreas de interés colectivo.
- 6) La ausencia o deficiencias graves en la urbanización y en las dotaciones (accesos, vías públicas, abastecimiento de agua o energía, red alcantarillado y sistemas de depuración, entre otros...).
- 7) Costosas restauraciones (especialmente las de tipo medioambiental).
- 8) Todos estos procesos no siempre acreditan una contribución neta a los ingresos municipales.

Hay que decir que una buena parte de esta transformación promiscua del suelo tuvo una traslación instrumental en los primeros planes generales de los años sesenta y sobre todo setenta. Por ejemplo, es interesante observar los planeamientos originales en ciudades de la Marina Alta como Dénia (1972), Xàbia (1965)

o Calp (1964-1972), así como algunas promociones concretas en las Cumbres del Sol-Puig en el Puig de la Llorença en El Poble Nou de Benitatxell (1973). Las dos primeras ciudades rodearon toda la falda de la Serra del Montgó hasta su declaración como parque natural en el año 1987. En Calp, apenas se consiguió salvar el Penyal d'Ifac, gracias a su declaración como parque natural ese mismo año (con el caso conflictivo de ampliación de su protección en su ladera norte años después). Tiempo antes se había transformado de forma abrupta montañas emblemáticas como eran los acantilados del Morro de Toix por el flanco sur, mientras que en el frente norte se conformó una gran conurbación de viviendas unifamiliares hasta la costa de Moraira. Peñín (1988), se refiere a este tramo norte alicantino, como una gran "metrópolis rural" o un "campo urbanizado". Todos estos espacios y otros muchos se declararon potencialmente "construibles" sin apenas conseguir una mínima urbanización, aprovechando masivas calificaciones de suelo rústico de interés turístico (SRIT) en el año 1963 (Vera, 1987).

Otro foco de atención es la Marina Baixa (en localidades como Benidorm o Altea), el entorno de Alicante o la propia Vega Baja. Sus espacios litorales y prelitorales siempre han estado amenazados por grandes promotoras de suelo que, sin apenas resistencia, han ido desarrollando sus propias promociones inmobiliarias. El modelo residencial se acompaña de actividades deportivas y de ocio como es el golf, o los puertos deportivos. Se trata de la consolidación de todo un aparato inmobiliario que lleva aparejados grandes conjuntos residenciales (Baños, 1998). Para Vera (1991), el asunto de fondo tiene un mayor alcance que la mera venta de simples complejos residenciales. La fórmula incorpora el modelo de viviendas de uso turístico o residencial junto a otras actividades con capacidad de atracción. En este punto coinciden los intereses de promotores, constructores y también de los consistorios, además de contar con el visto bueno de la sociedad local. Éstos últimos compensan sus cuentas derivadas de los costes que les genera el turismo, a través de licencias de obra o la existencia de jugosas plusvalías. Esta situación provoca también un rechazo selectivo, normalmente conformado por grupos ecologistas asentados en la provincia. Se trata de agrupaciones que siempre han sido consideradas uno de los grandes obstáculos para consolidar el desarrollismo que había empezado en los años sesenta y setenta.

3.3. Conflictos vinculados con la red de Espacios Naturales Protegidos del litoral

Uno de los aspectos más importantes de la investigación pasa por observar los niveles de interacción directa entre la red de ENP y el centenar de movilizaciones sociales observadas. Las figuras de protección existentes que han podido generar algún tipo de contacto o fricción, son los parques naturales, los parajes naturales municipales, las reservas naturales, los monumentos naturales, los paisajes protegidos, las microrreservas y las zonas húmedas catalogadas. De igual manera, el trabajo considera también las propuestas de protección vinculadas con la Red Natura 2000.

Hechas estas aclaraciones, se comprueba que un total del 40 % de los casos identificados han acabado finalmente afectados por alguna de estas figuras. En este sentido, es posible hablar de tramos litorales efectivamente salvados gracias a la declaración de alguna de estas figuras. Es importante apuntar que esta vía fue la más utilizada durante los años ochenta y principios de los noventa. Desde entonces estas figuras se han dejado de declarar. Además, con el paso del tiempo, se ha demostrado fallida la posibilidad de cumplir con esta misma función desde los instrumentos territoriales. Se comprueba cómo el blindaje jurídico del Plan de Acción Territorial de la Infraestructura Verde del Litoral (en adelante PATIVEL, 2018), es sustancialmente inferior a las citadas figuras de protección medioambiental.

A finales de los años ochenta y principios de los noventa se identifican muchos menos casos conflictivos en cuanto a número. No obstante, conviene apuntar que la mayoría de ellos fueron realmente simbólicos. Espacios de gran valor como la Serra d'Irta, l'Albufera de Valencia, la Serra del Montgó o el Penyal d'Ifac (por ejemplo), fueron ámbitos geográficos que finalmente se vincularon a todas estas declaraciones. En aquellos años se reflejaron perfectamente las tensiones y los niveles de conflictividad dentro de la sociedad valenciana. Eran muy evidentes los intereses económicos existentes en el litoral. De igual manera, la sociedad, en cada uno de los municipios afectados, se posicionaba de forma muy polarizada sobre todos estos asuntos. Se trata de la tradicional dialéctica entre la necesaria conservación y el supuesto desarrollo. La población partidaria de los movimientos ciudadanos conocidos como "Salvem", no estaba demasiado preparada para combatir todas estas iniciativas. Además, se puede hablar de que en realidad eran unas minorías. No obstante, se puede concluir que el resultado final fue muy satisfactorio al mostrar un nivel de respuesta aceptable por parte de la administración competente.

Figura 5. Afeción de los casos conflictivos con la red de ENP (1)

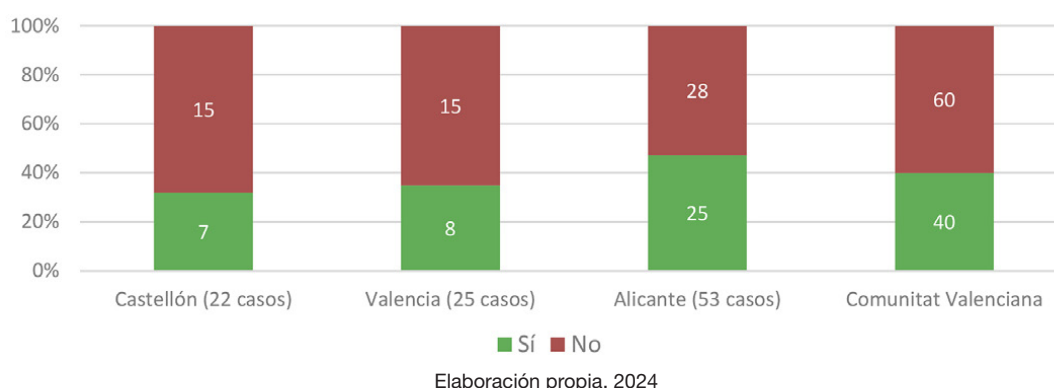
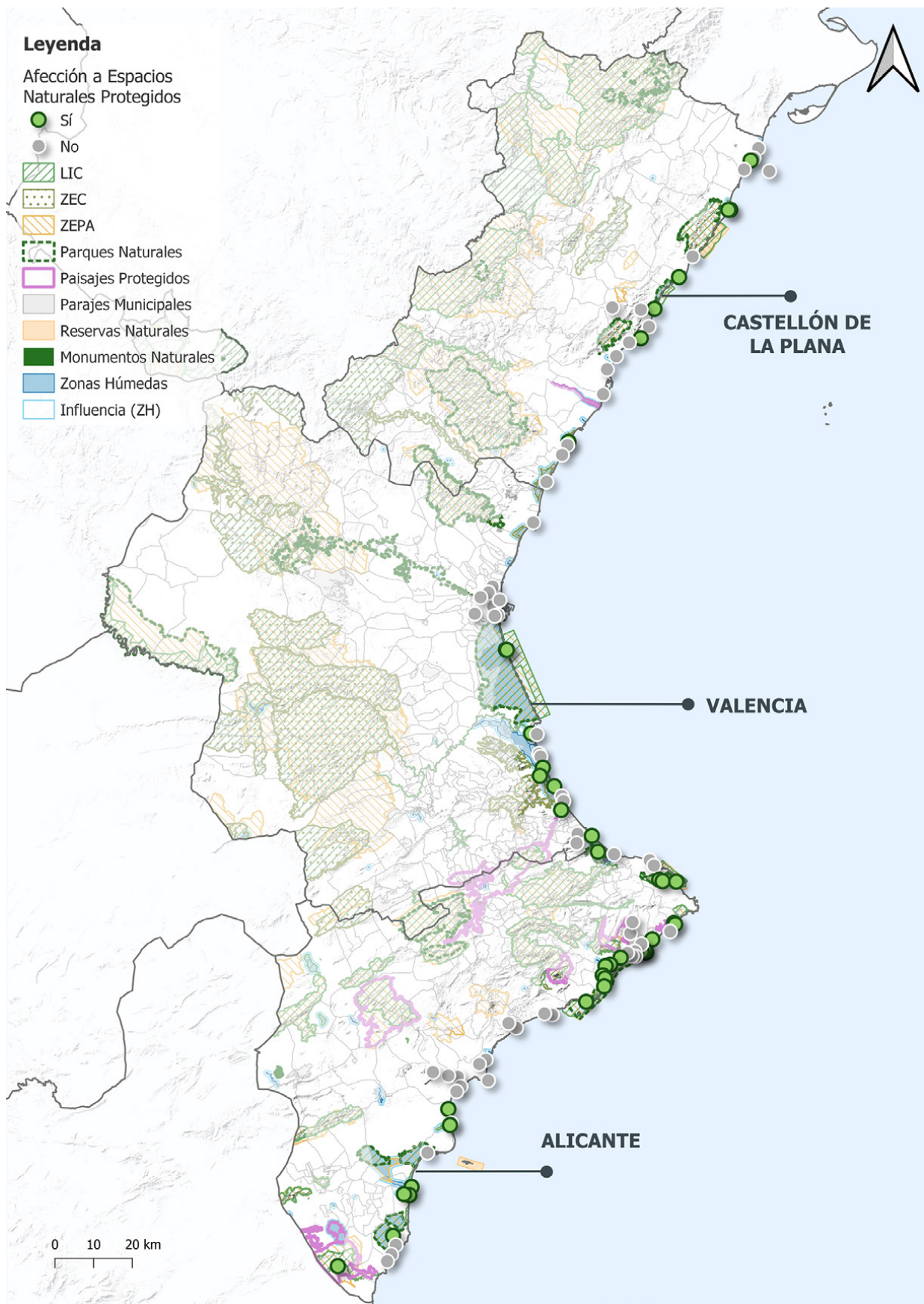


Tabla 1. Listado de casos conflictivos en contacto con la red de ENP

Nº	Casos	Afectación directa sobre ENP
1	Trasvase del Ebro	3,3 km de ENP (0,4 % de su recorrido) DIA MINIST. Compet.
2	PGOU-PN Serra d'Irta	Marjal de Peníscola (ZH y LIC)
3	Vertidos Playa sur de Peníscola	Marjal de Peníscola (ZH y LIC)
4	PAI Doña Blanca Golf	Desembocadura del Riu de les Coves (ZH)
5	PAI Torre de la Sal - PATIVEL	Prat de Cabanes-Torreblanca (PN y ZEPA)
6	Centro interpret. urbanización Costa Bellver- Renegà	Litoral de Benicàssim (LIC)
7	Motor de l'Arròs en el Canal de la Gola	Marjal de Nules (ZEC y ZH)
8	Conflicto turístico-ambiental del Saler	L'Albufera de València (PN, LIC, ZEPA y ZH)
9	Mala calidad de las Aguas del Saler	L'Albufera de València (PN, LIC, ZEPA y ZH)
10	El Manhattan de Cullera Vega-Puerto	Riu Xúquer (ZH y LIC)
11	Macrofestival en Dunas Tavernes de la Vallidigna	Dunes La Safor (LIC, ZEC). Marjal la Safor (LIC, ZEC, ZEPA, ZH)
12	Vertidos Marjal de la Safor	Marjal de la Safor (LIC, ZEC, ZEPA y ZH)
13	Playa l'Auir	Dunes la Safor (LIC, ZEC). Marjal la Safor (LIC, ZEC, ZEPA y ZH)
14	Contaminación puntual del riu Serpis	Paisatge Protegit (PP) del Serpis
15	Problemas urbanísticos en Oliva	Dunes de la Safor (LIC, ZEC)
16	Parc Natural Marjal Pego-Oliva	Marjal de Pego-Oliva (PN, ZEPA, LIC, ZH)
17	Parc Natural del Montgó	Montgó (PN, LIC, ZEPA)
18	Carretera y repetidor del Montgó	Montgó (PN, LIC, ZEPA)
19	Casas en acantilado Xàbia	Montgó (PN, LIC, ZEPA)
20	Puig de la Llorença - Cumbres del Sol	Penya-segats de la Marina (LIC, ZEPA)
21	Círculo urbanístico en acantilados de Benitatxell	Penya-segats de la Marina (LIC, ZEPA)
22	Cala de la Llobella	Penyal d'Ifac (LIC)
23	Parc Natural Penyal d'Ifac	Penyal d'Ifac (PN, LIC, ZEPA)
24	Les Salines: PP4 Calp	Salines de Calp (ZH)
25	Proyecto Colossus	Salines de Calp (ZH)
26	Banys de la Reina	Salines de Calp (ZH) + normativa patrimonio cultural
27	Puerto Luis Campomanes	Serra Gelada y Litoral de la Marina Baixa (PN, LIC, ZEPA)
28	Cala del Soio	Mon. Nat. afloramiento volcánico. Playa Fósil Cap Negret
29	Ampliación del puerto de Altea	Serra Gelada y Litoral de la Marina Baixa (PN, LIC, ZEPA)
30	Manifestación marítima contra Reserva Marina	Serra Gelada y Litoral de la Marina Baixa (PN, LIC, ZEPA)
31	PAI Puentes del Algar	Desembocadura del Riu Algar (ZH)
32	Suelo Urbanizable PN Serra Gelada	Serra Gelada y Litoral de la Marina Baixa (PN, LIC, ZEPA)
33	Gemelos 28	Serra Gelada y Litoral de la Marina Baixa (PN, ZEPA)
34	Saladar d'Aigua Amarga	Saladar d'Aigua Amarga (ZH)
35	Arenales del Sol	(ZH)
36	Espigón de Babilonia	Dunes de Guardamar (LIC). Desemb. frente litoral Segura (ZH)
37	Deslindes de Costas: Playa de Babilonia	Dunes de Guardamar (LIC). Desemb. frente litoral Segura (ZH)
38	Centro Comercial Río Segura	Desembocadura y frente litoral del Segura (ZH influencia)
39	Alojamiento turístico entorno a La Laguna	Lagunas de la Mata y Torrevieja (PN, LIC, ZEPA)
40	Sierra Escalona	Sierra Escalona (PP, LIC, ZEPA)

Elaboración propia, 2024

Figura 6. Afección de los casos conflictivos con la red de ENP (2)



Elaboración propia, 2024

3.4. Conflictos relacionados con el cambio de usos del suelo en el planeamiento

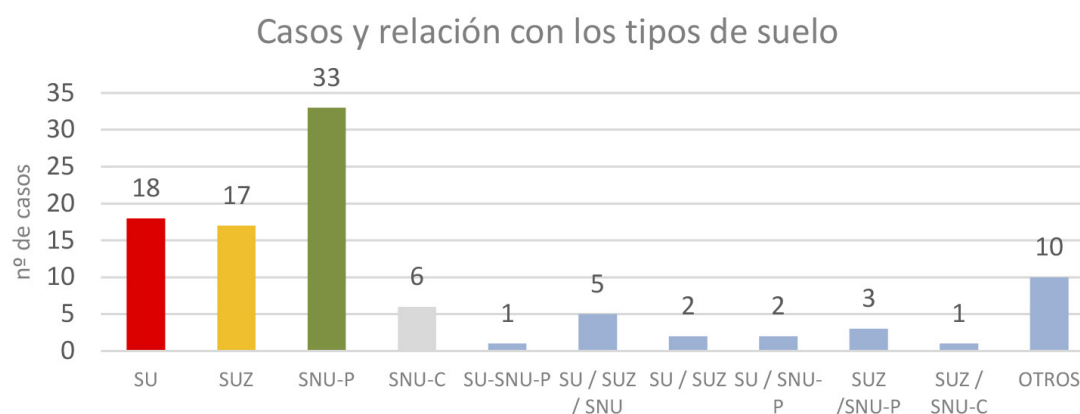
El cambio de los usos del suelo predeterminado desde el planeamiento territorial y urbanístico, es una cuestión compleja que abarca tanto aspectos administrativos como jurídicos. También muestra elementos que pueden ser especulativos con repercusiones medioambientales vinculadas. Por ejemplo, suele considerarse lesivo cuando se produce una reclasificación de suelos no urbanizables para convertirlos en urbanizables (con el agravante de partir de situaciones “protegidas” desde los instrumentos de planificación). Se trata de una cuestión muy común en los espacios litorales cuando existen grandes intereses económicos y financieros. Los promotores inmobiliarios y algunas administraciones, consideran que estas operaciones son una oportunidad para hacer riqueza y aumentar la valoración del suelo cambiando la clasificación o la calificación de los mismos. Estos procesos muestran efectos perniciosos desde un punto de vista ético y medioambiental, sin descartar aquellas acciones que pueden estar tipificadas en el código penal, como son los delitos relacionados contra la ordenación del territorio (prevaricación, uso de información privilegiada, etc).

La práctica mayoría de los municipios del litoral valenciano, en algún momento, han incorporado nuevos suelos urbanizables desde el planeamiento urbanístico aprovechando la flexibilidad ofrecida desde el marco legal del momento. De hecho, se da la paradoja de que una buena parte de los suelos perfectamente legalizados desde el planeamiento urbanístico, a nivel medioambiental invitan a su inequívoca preservación.

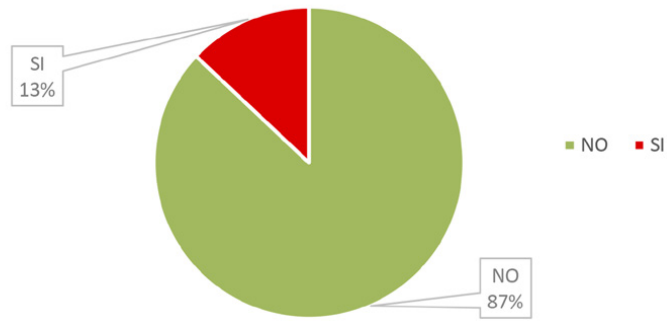
La situación que muestra el litoral de la Comunitat Valenciana, es realmente preocupante. Del cruce de casos con el planeamiento urbanístico, se llega a la conclusión de que, al menos en 33 de ellos (con distintos matices), se reconocen planes que obligaban a la transformación jurídica del suelo que podrían colisionar directamente con la vocación natural del territorio litoral. Se suele partir, lógicamente, de suelos no urbanizables que pueden estar protegidos, pero también ocurre en los no protegidos. También se observan problemas de este tipo en tramos concretos cuando afecta a la legislación en materia de costas (ámbitos del dominio público y servidumbres de protección). También se constatan estas cuestiones en los suelos no urbanizables “nivel 1 y 2” que plantea el PATIVEL, observado en un 13 % de las ocasiones.

Todas estas dinámicas provocan multitud de conflictos. No hay que olvidar que la gran mayoría de estos suelos se encuentran en una situación básica rural, por lo que cuentan con valores ambientales y paisajísticos intrínsecos que son reivindicados por la población. De hecho, éste es el principal relato tomado por los movimientos sociales a la hora de plantear acciones movilizadoras y de protesta. En realidad, casi cada programación de suelo en los municipios litorales, se podría considerar potencialmente conflictivos, tras varias décadas de abrupta transformación. Sin embargo, no todos han conseguido una reacción ciudadana lo suficientemente sólida. Fueron especialmente controvertidos los casos derivados del Plan General de Peñíscola de 1977, por su exceso de suelos urbanizables en la Serra d'Irta, el PAI de base turístico-residencial vinculado a Marina d'Or y su tematización a través del proyecto Mundo Ilusión en Castellón, el mediático PAI de Benimaclet o la problemática zona ZAL relacionada con la ampliación del puerto de Valencia, el PAI del Manhattan de Cullera, el PAI del Auir en Gandía, El Puig de la Llorença en el Poble Nou de Benitatxell, la playa de El Portet en Moraira y la Llobella de Benissa, el Plan Parcial del Saladar y Banyes de la Reina en Calp, los PAI's litorales de Lluís Campomanes y desembocadura del río Algar en Altea, el PAI Nou Nazaret en San Juan de Alicante, los Saladares de Aigua Amarga y Arenales del Sol entre Alacant y Elx, o algunos más recientes en la cañada real y el palmeral de “lo ferrís” en la ciudad de Torrevieja.

Figura 7. Afectación de los casos: planeamiento urbanístico y PATIVEL (1)

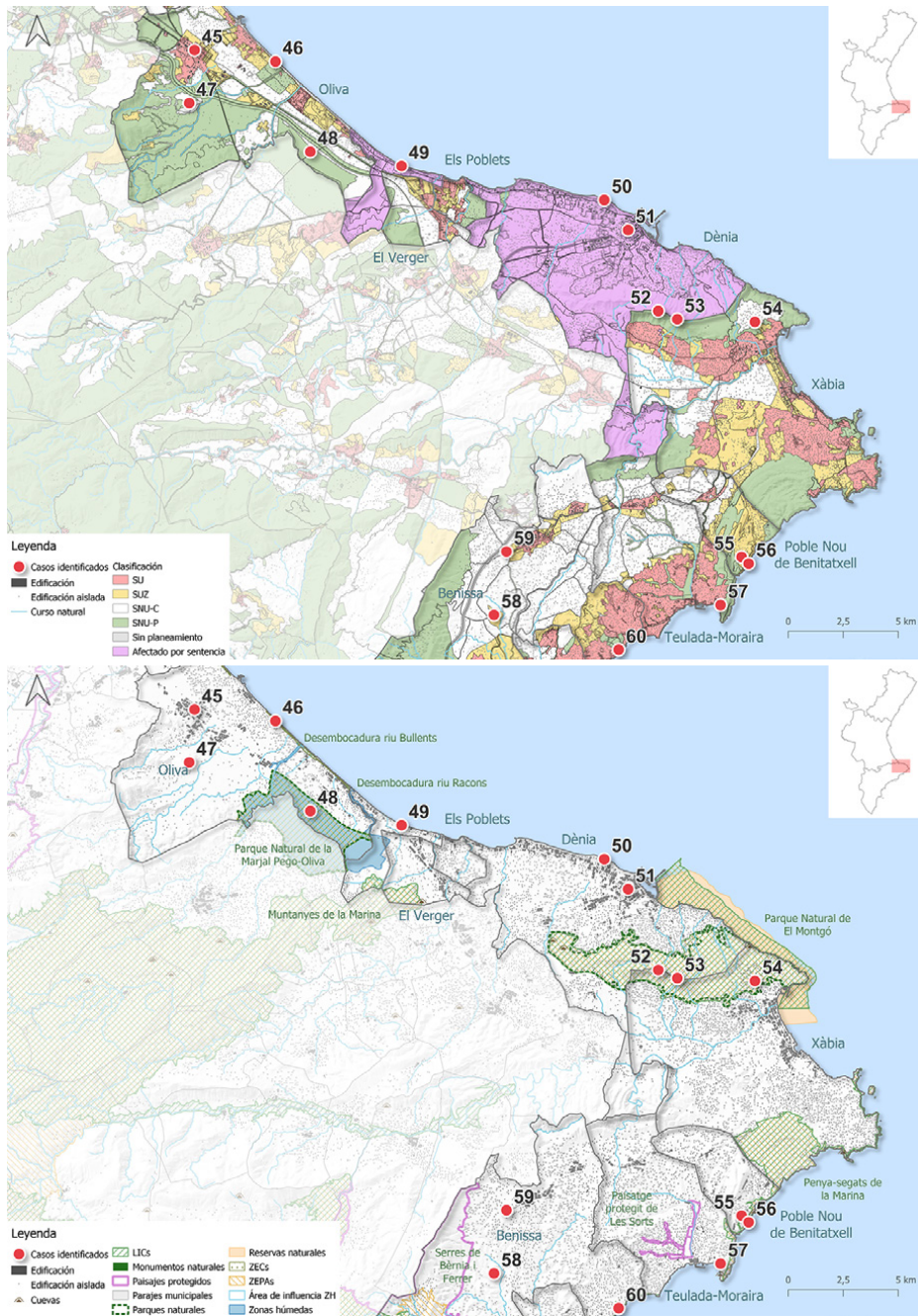


Casos afectados por SNU litoral y suelos transitorios del PATIVEL



Elaboración propia, 2024

Figura 8. Afección de los casos: planeamiento urbanístico y PATIVEL (2)



Elaboración propia, 2024

3.5. “Éxitos” y “fracasos” de los movimientos sociales ante el conflicto

De acuerdo con los antecedentes expuestos, se hablará o se entenderá por casos de “éxito”, aquellos en los que la sociedad (en sus distintos modos y formas de intervención), ha conseguido forzar, en algún grado, la protección en aquellos tramos litorales que se encontraban amenazados ante cualquier tipo de iniciativas impulsada por promotores, propietarios del suelo o incluso la propia administración.

Es muy interesante el papel desempeñado por las instituciones y organismos públicos ante todos estos procesos. Observados desde un punto de vista técnico y político, se puede afirmar que los ayuntamientos y el gobierno regional de prácticamente cualquier momento y signo político (salvo quizá la última etapa de mandato entre 2015-2023 y el de finales de los años ochenta y principios de los noventa), tomaron una predisposición generalizada en favorecer todos estos procesos de cambio y transformación en el litoral. Durante este tiempo, se gestó toda una generación de planes urbanísticos e instrumentos derivados (muchos de ellos gestados al margen del propio planeamiento), que provocaron la producción de nuevos suelos susceptibles de ser transformados. Eran los tiempos en los que la controvertida Ley Reguladora de la Actividad Urbanística del año 1994, era interpretada de forma abierta sin ningún reglamento que la desarrollase. La Ley estatal del suelo del año 1998, con sus medidas liberalizadoras, tampoco ayudó en exceso. De esta forma se gesta la llegada de grandes complejos residenciales que provocaron la aparición de plataformas sociales tan importantes como Abusos Urbanísticos No (AUN). De hecho, sus reivindicaciones llegaron a los más altos estamentos de la Unión Europea que provocaron cambios en la legislación territorial y urbanística. Y es que, efectivamente, este tipo de planes adolecían, en gran medida, de criterios de protección territorial o medioambiental. En realidad, se entendieron como un mero trámite administrativo que fijaba los usos del suelo finales, sin verdaderos criterios de ordenación territorial y medioambiental. Negocios puestos al servicio del sector de la promoción y de la construcción, sin mayores objetivos que la extracción de rápidos beneficios y en detrimento de la enorme calidad paisajística y medioambiental del litoral valenciano.

Además, los procesos de corrupción política vinculados al urbanismo valenciano han sido constantes. La sombra de este tipo de prácticas ha tenido una gran incidencia durante los años de la burbuja inmobiliaria en España. La corrupción urbanística es un problema muy grave que “moviliza” o incluso “desmoviliza por hastío”, a la propia sociedad.

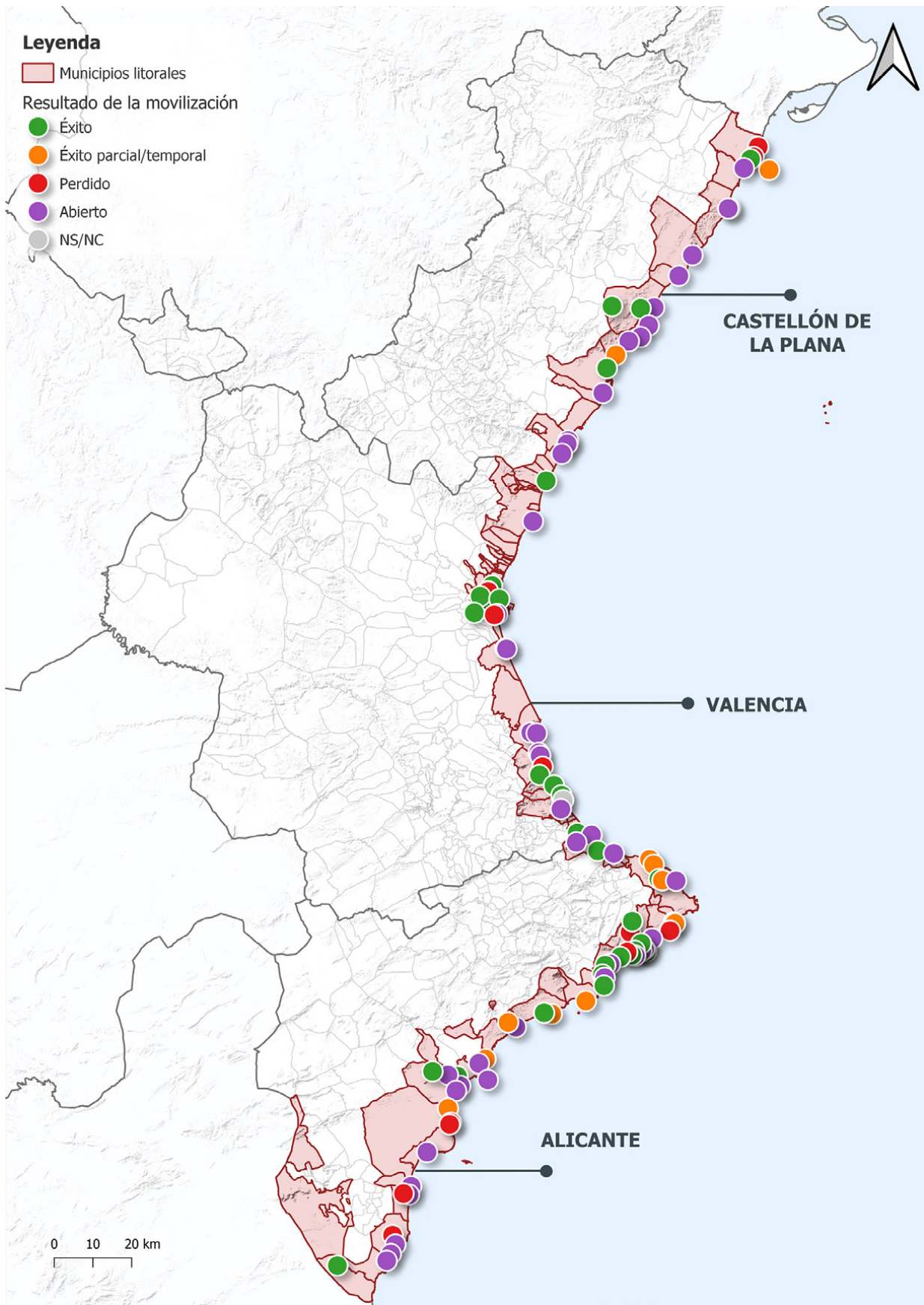
La explotación de datos revela que, en el año 2023, un total de 43 casos siguen de alguna forma abiertos o sin una resolución final: 12 se producen en la provincia de Castellón, 11 en Valencia y 20 se localizan en la provincia de Alicante. La misma extracción permite hablar de 29 casos que se pueden considerarse plenamente exitosos (si se entiende por “éxito”, la salvaguarda final del litoral ante cualquier intento de transformación territorial). Cabe añadir 8 casos más considerados de “éxito parcial” y un total de 14 que deben darse por perdidos (es decir, se consumó el impacto final e irreversible en el territorio litoral a través de su plena transformación).

El proyecto MOVXPAIMED anteriormente aludido, permite la extracción de trabajos conjuntos con otras comunidades dentro del arco mediterráneo en comunidades como Catalunya, Murcia y Andalucía. Ha sido posible extraer internamente los datos provisionales de “éxito” y “fracaso” dentro de estas comunidades autónomas, con la intención de ser comparados con los resultados valencianos. En relación con los resultados obtenidos se extraen dos conclusiones importantes:

- 1) La suma de todos casos de conflicto en el arco mediterráneo es de 632, de los cuales, sólo un centenar pertenecen a la Comunitat Valenciana.
- 2) Sin embargo, el porcentaje de “éxito” y de “fracaso” a la hora de salvaguardar el territorio litoral muestra algunas diferencias.

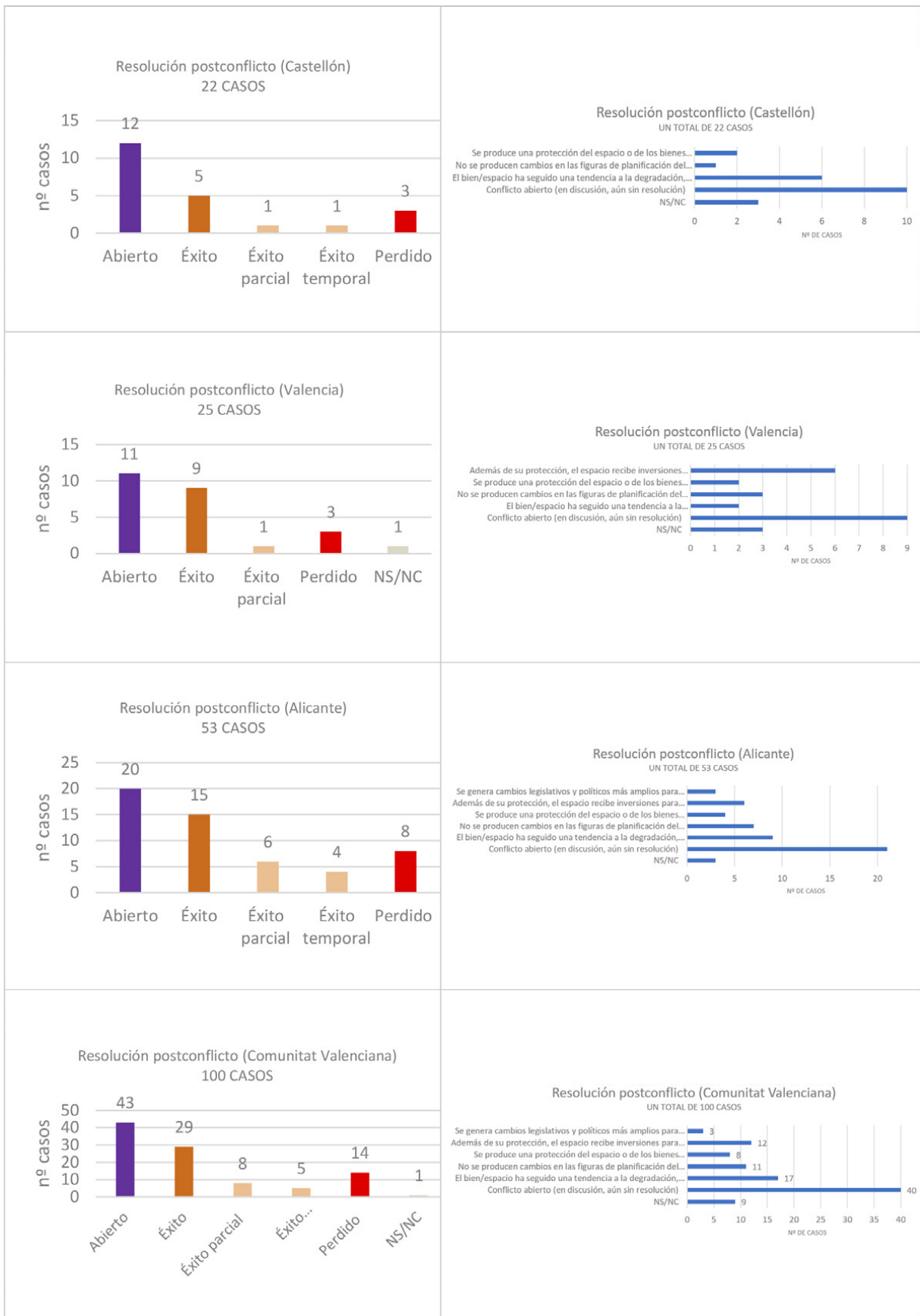
Lógicamente, la acumulación de casos queda condicionada por la cantidad de km de costa existente en cada comunidad autónoma. A mayor número de km costeros, lo más probable es que pueda existir mayor número de situaciones conflictivas. Catalunya tiene 699 km de costa, Valencia 518 km, 274 km son de Murcia, mientras que 945 km corresponden a Andalucía. Ante esta evidencia probabilística, anotar que la Comunitat Valenciana representa sólo el 16 % del total de los casos conflictivos visibilizados, cuando representa el 21 % de toda la costa estudiada.

Figura 9. Resolución de los conflictos: paisajes salvados - paisajes perdidos (1)



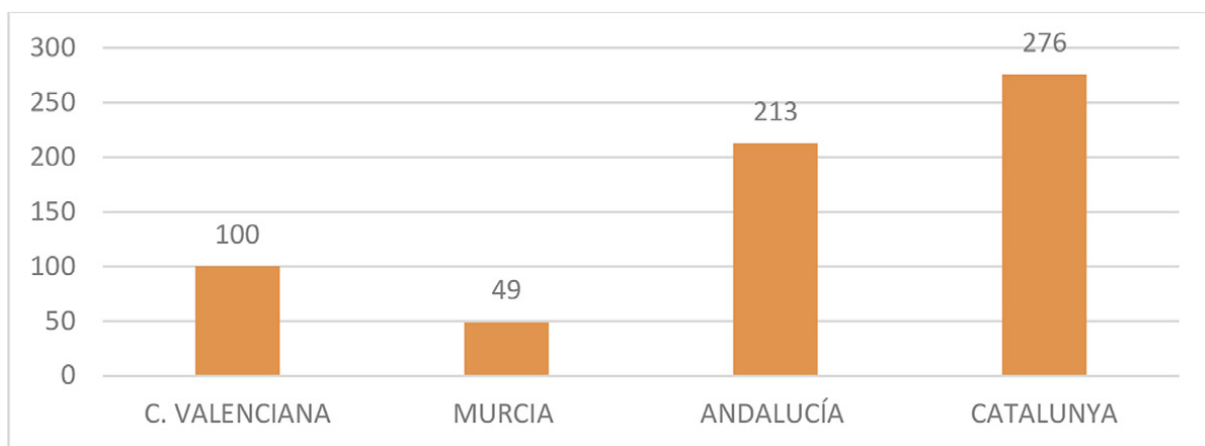
Elaboración propia, 2024

Figura 10. Resolución de los conflictos: paisajes salvados - paisajes perdidos (2)



Elaboración propia, 2024

Figura 11. Casos conflictivos por comunidades autónomas



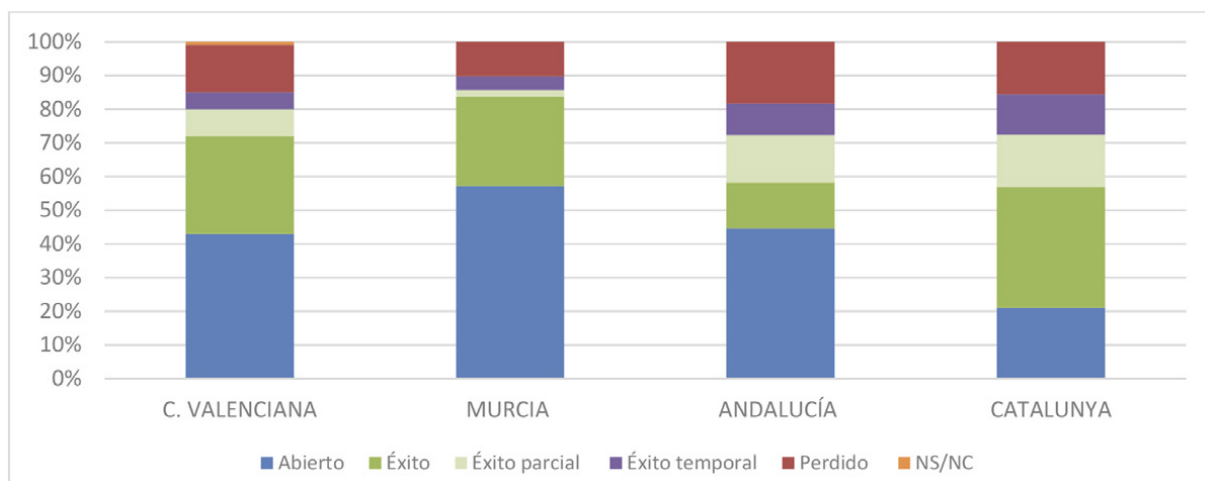
Fuente: MOVXPAIMED. Elaboración propia, 2024

Tabla 2. Resolución de los casos conflictivos por comunidades autónomas (1)

	Abierto	Éxito	Éxito parcial	Éxito temporal	Perdido	NS/NC	Total
C. VALENCIANA total	43	29	8	5	14	1	100
Comunitat Valenciana %	43	29	8	5	14	1	15,67
MURCIA total	28	13	1	2	5	0	49
Murcia %	12,5	7,6	1,2	3,3	5,0	0,0	7,68
ANDALUCÍA Total	95	29	30	20	39	0	213
Andalucía %	42,4	17,0	36,6	33,3	38,6	0,0	33,39
CATALUNYA Total	58,0	99,0	43,0	33,0	43,0	0,0	276
Catalunya %	9,1	15,5	6,7	5,2	6,7	0,0	43,3
MED. OCCIDENTAL (total)	224	171	82	60	101	0	638
Med. Occidental %	35,1	26,8	12,9	9,4	15,8	0,0	100

Fuente: MOVXPAIMED. Elaboración propia, 2024

Figura 12. Resolución de los casos conflictivos por comunidades autónomas (2)



Fuente: MOVXPAIMED. Elaboración propia, 2024

Es interesante esta primera comparativa entre las distintas autonomías. La Comunitat Valenciana y Andalucía, encabezan la lista de casos abiertos. Acreditan cifras realmente altas (más del 40 %), que contrastan con lo observado en Catalunya y Murcia (con un 9 % y un 12 % respectivamente). Estos datos apuntan a la existencia de distintos ciclos diferenciados por territorios a lo largo de la historia. Los casos catalanes, por ejemplo, son los más antiguos y, por tanto, presentan niveles de cierre o resolución anteriores. Llama la atención los casos de éxito parcial en Andalucía, pero también el elevado porcentaje de fracasos. En cualquier caso, la Comunitat Valenciana se encuentra bastante pareja en relación con la media de los resultados globales o agregados dentro del contexto mediterráneo occidental. En conclusión, la movilización ciudadana en la Comunitat Valenciana ante los conflictos es sensiblemente menor cuando es comparada con otros territorios. Sin embargo, los patrones de “éxito-fracaso” son bastante similares. Esta situación hace pensar que la sociedad valenciana reacciona de forma tardía e insuficiente ante posibles agresiones medioambientales. Por otro lado, también existen patrones comunes y conjuntos a la hora de resolver todas estas situaciones. Los casos, cuando se llegan a judicializar, terminan por homogenizarse en mismo punto: el auto judicial con el cierre definitivo del caso. La explicación más menos pareja de éxitos y fracasos permite elucubrar el supuesto carácter garantista al que se le presupone la justicia ante casos territoriales de naturaleza similar. En este sentido, cabe normalizar los resultados entre todos estos territorios.

3.6. Relevancia e intensidad de los conflictos

Otra cuestión que queda resuelta a partir de la explotación de la base de datos, es la propia enjundia o impacto social y mediático de los conflictos. Para ello, se han considerado tres criterios fundamentales:

- a) Debe existir una masa social crítica bien organizada y sensibilizada en torno al caso.
- b) La envergadura del proyecto en cuestión. Se considera el nivel de inversión económica, el tamaño o escala, alcance del proyecto en el territorio o cualquier tipo de repercusión considerada especial.
- c) Los potenciales daños derivados en el paisaje y en el medio ambiente (significancia, simbolismo, reversibilidad o irreversibilidad de las actuaciones).

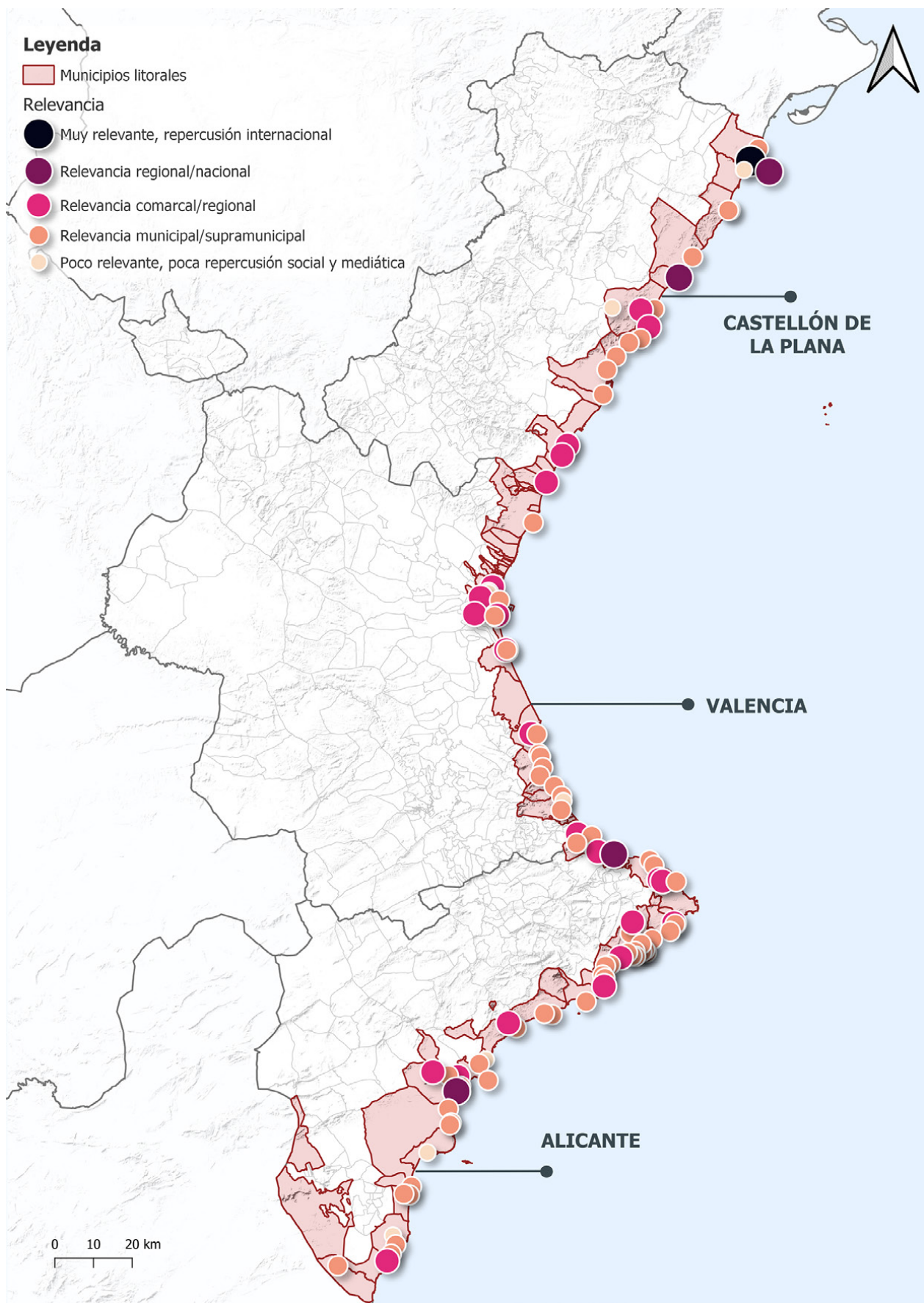
Este triple cribado es relevante, sobre todo para los medios de comunicación. Siguiendo estos tres criterios se consideran casos de alto impacto un total de 33, de impacto medio un total de 45 y de bajo impacto 22. Por ejemplo, se debe considerar de alto impacto el proyecto “Castor” (por su alcance en la política nacional con el interés energético añadido). Son también relevantes aquellos casos relacionados con la regresión costera y la propia aplicación de la Ley de Costas. Éstos últimos tienen la capacidad de movilizar a gran cantidad de población, empleando grandes plataformas organizadas a lo largo de todo el litoral.

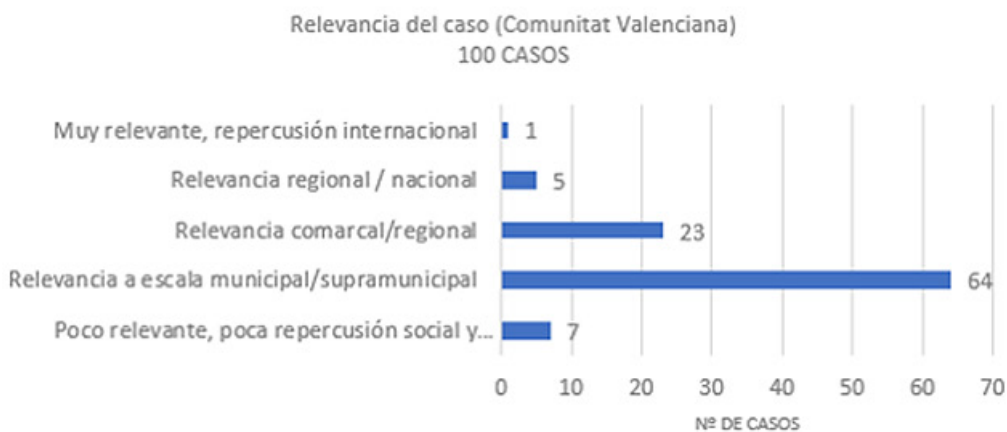
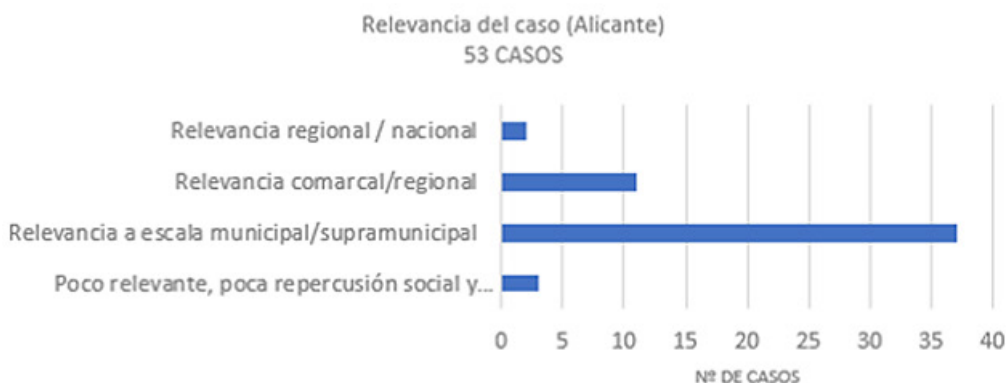
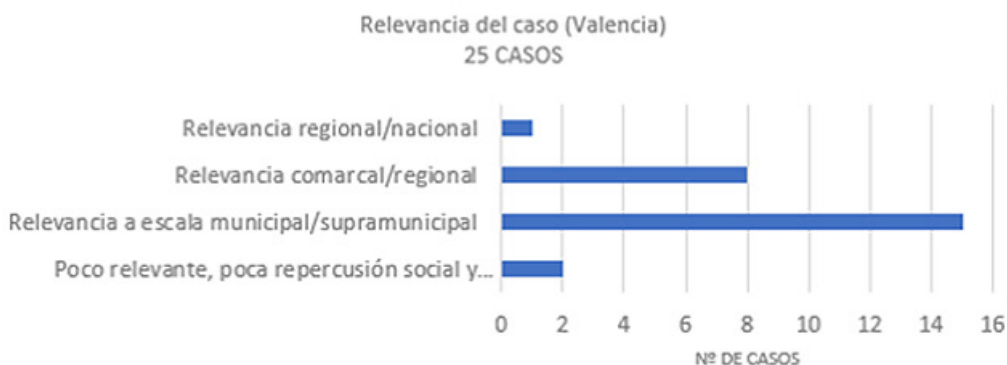
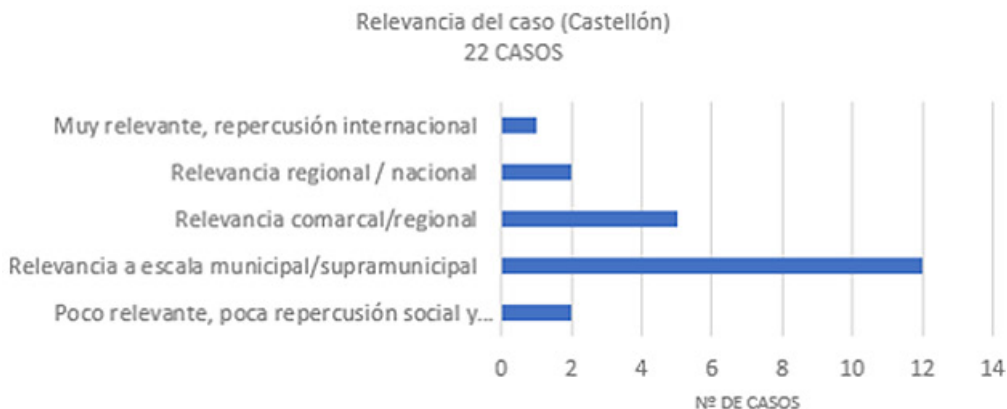
Por otro lado, se puede comprobar que la problemática urbanística está bastante más atomizada. En realidad, la casuística responde a una génesis más local, aunque la importancia puede llegar de la potencia o capacidad de actuación de los grandes agentes promotores o urbanizadores.

Los conflictos de tipo urbanístico, si no se resuelven a su debido tiempo, tienden a enquistarse. Más allá de poder acudir a la revuelta social o al poder de las manifestaciones, cada vez las cuestiones tienden a canalizarse por la vía administrativa y también por el canal judicial. Este hecho también ha servido de criterio para otorgar más o menos relevancia a los casos.

El nivel de judicialización llega al 35 % de las ocasiones. La mayoría de veces se concentran en la provincia de Alicante. Otro dato interesante ha sido el análisis del tipo de alegaciones, entendidas como una oposición realizada al propio PATIVEL. Del análisis administrativo de este plan, se comprueba cómo el 42 % de todas las alegaciones de corte generalista (no particular), se revelaban contrarias a los principios protectores de este plan territorial. En este punto es interesante observar la posición beligerante de algunos ayuntamientos. En un 34 % de las alegaciones se acreditó una manifiesta polarización con distintos argumentarios en los que la administración toma una posición de parte al mismo nivel que las reivindicaciones ciudadanas. Esto ocurre tanto a favor como en contra del propio plan territorial.

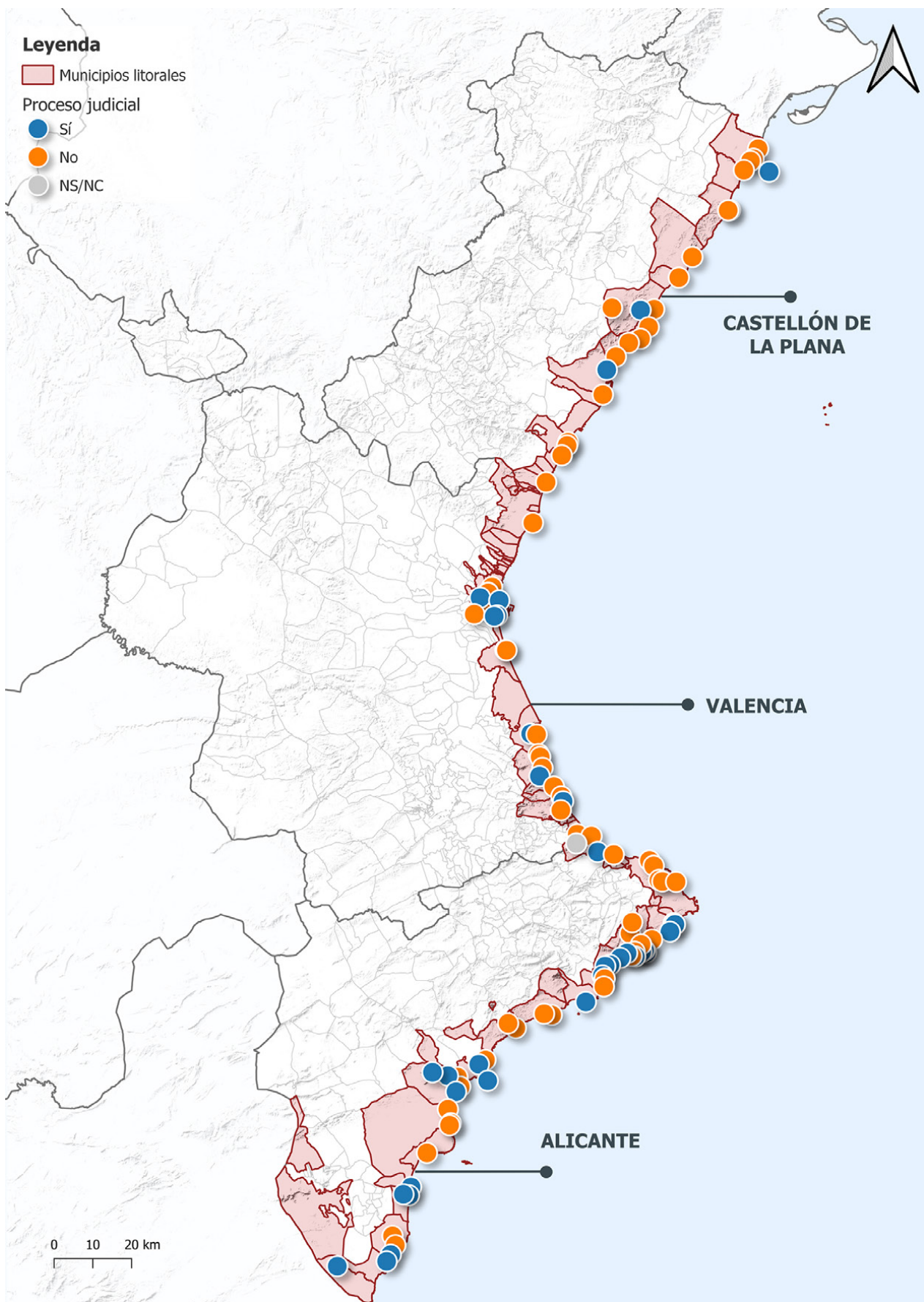
Figura 13. Relevancia social de los conflictos

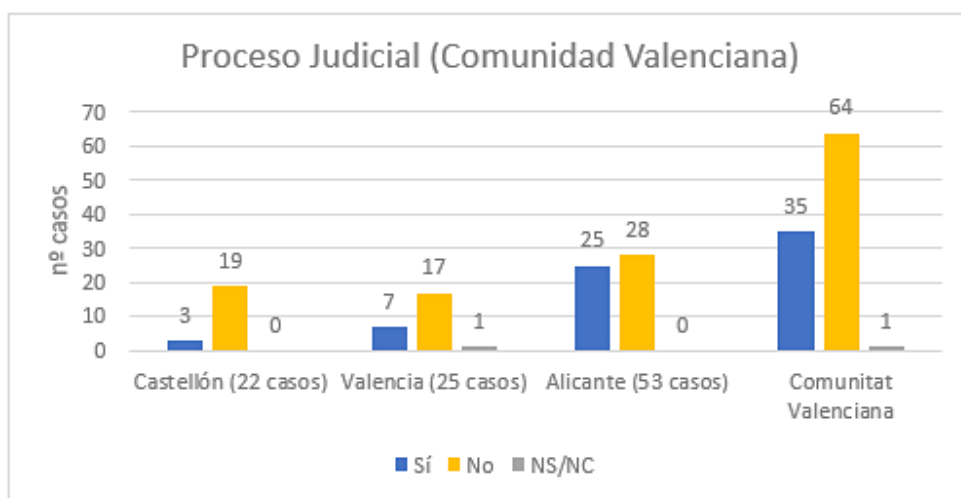
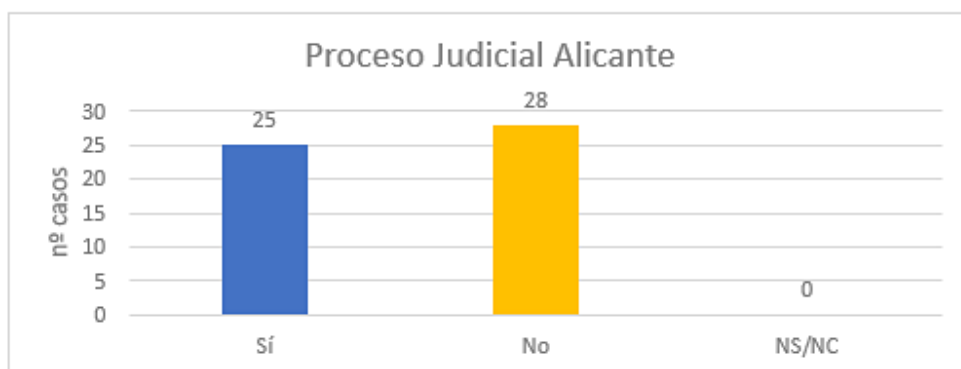
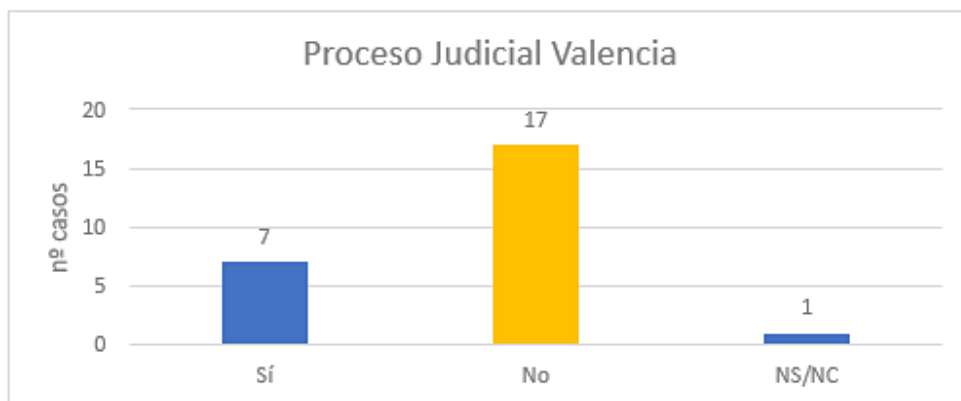
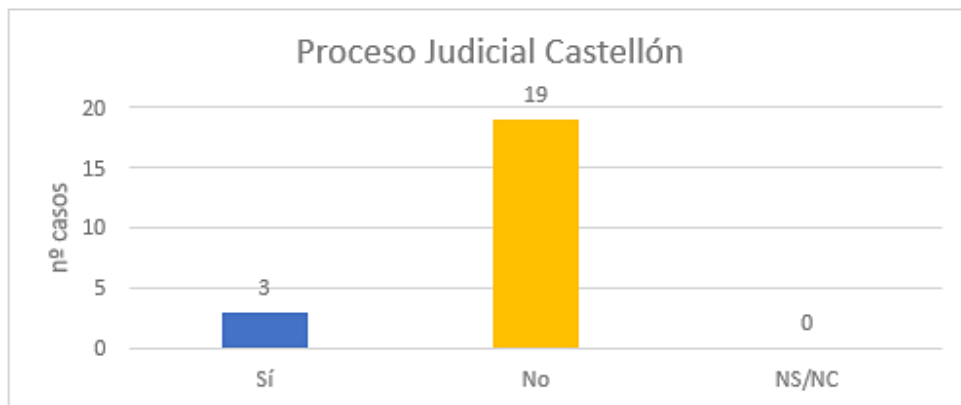




Fuente: MOVXPAIMED. Elaboración propia, 2024

Figura 14. Relevancia social de los conflictos





Fuente: MOVXPAMED. Elaboración propia, 2024

4. Discusión de resultados

El estudio de un centenar de casos conflictivos con movilización social en el espacio costero y litoral es un trabajo inédito en el litoral valenciano. La discusión de los resultados debe realizarse en el contexto de una “conflictología” testada en ciudades o en estudios de tipo sociológico (Galtung, 1998). Este trabajo certifica, por la vía del conflicto, que el litoral es un lugar muy propicio para desencadenar todo tipo de movilizaciones sociales. En realidad, se puede decir que se llega a estas conclusiones por otro camino, puesto que ayuda a tener una mejor comprensión de todos estos fenómenos de transformación y cambio estudiados por diversos autores ya citados (Gaviria, 1974; Vera, 1987; Such, 1996; Peñín, 2006; Sánchez, 2011; Obiol & Pitarch, 2011; Capdepón, 2016).

En el campo de los conflictos y las disputas, es de notar que éstas se producen, normalmente, por el control y la explotación del territorio vinculado a unos usos residenciales o de base turística. No obstante, también aparecen algunos conflictos sustancialmente diferenciales que merecen un especial análisis (casos como el “Castor”, la ampliación del puerto de Valencia o las protestas ciudadanas por la ampliación de nuevas piscifactorías marinas, entre otros ejemplos).

Identificar los conflictos, cartografiarlos y sistematizarlos estadísticamente, permite abrir interesantes discusiones e interpretaciones en relación con los resultados obtenidos. No obstante, es posible exponer algunas aseveraciones o conjeturas basadas en la propia fenomenología de los casos que no impide la extracción de nuevas interpretaciones, o incluso hallazgos.

Se parte de una explotación básica de casos conflictivos conseguida gracias al examen del centenar de conflictos debidamente documentados. La clasificación sistematizada de la información permite sacar las primeras conjeturas en torno estos hechos. Por ejemplo, se ha tenido en consideración las variables geográficas de cada disputa, su duración, su contexto histórico, además de reconocer aquellos resultados que permiten ilustrar tanto los desenlaces “exitosos” como los “fracasos”. En base a cincuenta años de transformación del litoral, se ha decidido que el “éxito” sea considerado la salvaguardia del territorio, lo cual podría ser interpretado como el “fracaso” de un determinado modelo económico y productivo. Esta aseveración es, en sí misma, una importante discusión de fondo.

Ha sido posible reconstruir una “conflictología del litoral valenciano” (Sánchez, 2024). Del propio análisis es posible ofrecer un nuevo relato de todo lo acontecido durante cincuenta años en el espacio costero y litoral valenciano.

De la elaboración de esta nueva “geografía de los conflictos” en el espacio litoral, ha sido posible extraer una primera clasificación de todas estas cuestiones que permite hablar de tres grandes bloques diferenciados:

- a) Los casos de conflicto derivados de la propia aplicación de la Ley de Costas y la delimitación del dominio público marítimo-terrestre. Se puede afirmar que contienen una elevada carga jurídica y un impacto social importante. Además, muchos de ellos se replican de forma sistematizada puesto que su ordenamiento es homogéneo en todo el Estado.
- b) Sucesos en los que se produce una pugna por el control y explotación de los recursos naturales y paisajísticos. Detrás de ellos, suele existir un trasfondo de interés inmobiliario o también de carácter turístico que no conviene entremezclar. Sólo en contadas ocasiones y por distintas circunstancias, se activan las plataformas del tipo “Salvem”. En realidad, son medio centenar de casos identificados a lo largo de la historia en los 59 municipios que conforman todo el litoral valenciano. ¿Esto es mucho o poco? Para ello se han comparado esta fenomenología con las comunidades de Catalunya, Murcia y Andalucía.
- c) El impacto social generado por el desarrollo de diversas infraestructuras de tipo ingenieril, la implantación de equipamientos para albergar actividades económicas específicas, la construcción de los recintos portuarios y deportivos, además de algunas obras pensadas para la defensa del litoral como son los espigones, escolleras, etc.

El tratamiento de toda esta información permitiría introducir nuevos conocimientos en favor de la ordenación territorial en estos ámbitos. El aprendizaje para bastante claro a efectos de la discusión de resultados: Siempre se parte de una idea de partida clara, que pasa por ejercer “un dominio” sobre el espacio litoral. Este dominio no está vinculado de forma estricta al sentido de la propiedad privada, sino más bien al de una voluntad explícita o encubierta sobre el uso final que debe tener la costa y en el litoral. En este debate están los supuestos beneficios que de estas intervenciones se pueden extraer.

Se abre a discusión algunos resultados que se antojan ciertamente interesantes:

- El 40 % de los casos se encuentran de alguna forma todavía “abiertos” en el litoral valenciano. Son recientes en el tiempo y muchos acaban hoy en los tribunales. Cabe preguntarse si la sociedad está abandonando las calles y se está acostumbrando a pleitear los asuntos a través de los cauces más formales.
- La localización geográfica de los conflictos es relevante. Una mayor o menor proximidad al mar, o la existencia de unos recursos ambientales o paisajísticos destacados, dispara la fenomenología. Los resultados obtenidos permiten corroborar cómo los casos proliferan a medida que nos acercamos al recurso natural o turístico de primer orden, aunque se puede extender hasta las zonas de traspais. La “renta de situación” se observa en la Serra del Montgó, el Puig de la Llorença o en Ifac en la provincia de Alicante, la Devesa del Saler en Valencia o el acoso realizado en su momento por el planeamiento en el entorno de la Serra d'Irta en Castellón. Más recientes son los casos de Cullera con su PAI Manhattan de la Vega, Gandia con la propuesta de urbanización en la playa virgen del Ahuir, además de la sacudida política producida por las determinaciones marcadas por el PATIVEL en Oliva o Elx.
- Queda por comprobar si la “geografía del conflicto” está condicionada, también, por la propia historia. Los municipios del litoral alicantino son pioneros en el modelo de desarrollo basado en el turismo de “sol y playa”. En este sentido, lideran también el número de disputas concentrando ella sola el 53 % de los casos.
- El nuevo “mapa de la geografía de los conflictos”, apenas deja rastro en aquellas localidades que no se han dedicado al desarrollo del turismo (Pobla de Farnals, Massamagrell, Massalfassar o Albuixech). De igual forma, se observa una ausencia de movimientos sociales en suelos industriales en las zonas litorales. Solo encontramos dos excepciones, pero son de gran calado: la ampliación del puerto de Valencia y la pretensión en su momento de ubicar almacenes de combustible en el puerto de Alicante. También la presencia de piscifactorías en el entorno de Altea y Calp o la Vila Joiosa. Se trata de rechazos sociales de tipo “NIMBY”.
- Los impactos ambientales y paisajísticos son indiscutibles. Los suelos en situación natural o rural han sido transformados en el 52 % de las ocasiones. Es fácil hacerse una idea del impacto generado por los diversos proyectos en el litoral valenciano.
- Se constata también el éxito de la red de ENP frente a los planes de Ordenación del Territorio. Se estima una protección directa de 115.000 hectáreas coincidentes con la red de Espacios Naturales Protegidos (ENP) en las zonas costeras. Estas cifras suponen el 18 % del total de la Comunitat Valenciana, destacando la existencia de 10 Parques Naturales, zonas húmedas catalogadas y 20 Lugares de Interés Comunitario (LIC). En este sentido, se puede afirmar que el 20 % de la franja litoral valenciana, de los más de 470 km de costa disponibles, se encuentran en la actualidad protegidos. Se abre a discusión si, en base a los conflictos existentes, estas cifras se antojan suficientes.
- En relación con el “éxito” o “fracaso” de los conflictos se puede decir que los resultados son muy interesantes. El 29 % aseveran el “éxito total”, un 8 % el “éxito parcial” y el 5 % estarían dentro del campo del “éxito temporal”. En total, un nada desdeñable 42 %. ¿Se han salvado más paisajes de los que realmente se han reivindicado socialmente? ¿Es significativo que el 29 % de los casos se consideren un “éxito total”? Es decir, un paisaje salvado... ¿Y que un 13 % más se consideren un “éxito parcial” o temporal? Es más, que únicamente el 14 % de los casos registrados se puedan considerar “fracasados”, en realidad se antoja como una cifra bastante baja.
- La primera explotación comparada de los resultados con Catalunya, Murcia y Andalucía (proyecto de explotación MOVXPAIMED), apunta que la Comunitat Valenciana no sale bien parada en cuanto al número de casos totales. Sólo contribuye con el 16 % de los casos cuando aporta el 21 % de la costa mediterránea occidental. Sin embargo y en lo relativo al % de “éxito” y “fracaso” a la hora de salvaguardar el territorio, los resultados son bastante parejos entre las distintas CCAA. Esto plantea la teoría de que la canalización administrativa y judicial de los casos puede ser garantista en su resolución. Este resultado es una mera elucubración, sin embargo, es muy interesante y sujeta a un mejor estudio en el futuro.
- La importancia de los episodios conflictivos es otro criterio a considerar. Así, se ha puesto de manifiesto en función de los valores del propio territorio y del paisaje afectados. Esta importancia varía en función del valor estrictamente científico o medioambiental del territorio, su carga simbólica, o la capacidad productiva que tiene el lugar para la población. De los 100 casos identificados, se pueden considerar

de alto impacto un total de 33, de medio impacto encontramos 45 y de bajo impacto se consideran 22. Es importante recalcar que la movilización social no es el único factor a tener en cuenta por parte de las administraciones a la hora de decidir el futuro de un espacio geográfico. En este punto entra en liza todo tipo de elementos que deben ser tenidos en cuenta: el propio valor ambiental y paisajístico, los costes económicos que implican su protección (es decir, indemnizaciones, compensación de derechos adquiridos...), los medios necesarios que permitan su conservación y mantenimiento, la capacidad de soportar la presión ejercida por la contraparte...

- Los conflictos derivados de la aplicación de la Ley de Costas, por sus características particulares y tipo de reivindicaciones, se deben valorar de forma separada. En esta línea, vecinos y plataformas ciudadanas responden a intereses que no centran siempre su atención en la protección estricta de la costa. En cualquier caso, el alcance y la duración de estas disputas es flagrante. Los casos de conflicto se localizan en los siguientes tramos de costa de la Comunitat Valenciana (de norte a sur): Torre la Sal, Cabanes, Orpesa, Almas-sora, Nules, Moncofa, Almardà, Corinto, Sagunto, El Saler, El Perelló, Mareny y Barraquetes, Cullera, Tavernes de la Valldigna, Daimús, Guardamar de la Safor, Bellreguard, Miramar, Piles, Oliva, Dénia, Arenales del Sol, Pinet d'Elx y Guardamar del Segura.

5. Conclusiones

Este trabajo aborda el primer gran estudio de los conflictos con movilización social en el territorio litoral valenciano. Los resultados son muy interesantes ya que es posible comprobar qué, ante la hipótesis de *“a una mayor movilización social, se produce en paralelo una mayor protección del territorio”*, no se cumple de una forma clara.

Se comprueba que es más importante valorar la llamada “calidad de las movilizaciones ciudadanas”, ya que éstas, sin ser muy numerosas en los años ochenta y principios de los noventa, fueron muy efectivas a la hora de presionar a las administraciones y forzar la protección del territorio aprovechando la novedad que ofrecía la red de Espacios Naturales Protegidos de la Comunitat Valenciana. En paralelo, el planeamiento urbanístico ha sido excesivamente generoso con las calificaciones de suelo. Cada vez más, se aprecian conflictos derivados de este tipo de movimientos sociales que comienzan a rebelarse contra los propios instrumentos de planeamiento en los entornos costeros y litorales. De igual modo es posible certificar el fracaso de las políticas de Ordenación del Territorio plasmadas en el PATIVEL. Este fracaso no es tanto por la calidad del propio instrumento de ordenación, sino más bien por su falta de comprensión y de mejores consensos entre la escala local y regional. De igual forma, la legislación en materia de costas también ha sido conflictiva. En su aplicación, también ha sido capaz de movilizar a la ciudadanía, pero lo ha hecho en un contexto diferencial alejado de los movimientos “Salvem” y orientado al uso y al derecho privativo de la costa en determinados tramos.

Uno de los elementos más interesantes es cuando se compara los resultados de la Comunitat Valenciana con las comunidades autónomas de Catalunya, Murcia y Andalucía. Aquí se comprueba que la Comunitat aporta el 21 % del territorio litoral del mediterráneo occidental y solo acredita un 14 % de los casos con movilización ciudadana. Por ejemplo, en Catalunya se visibiliza una mayor movilización social en defensa de su territorio litoral. En esta escala de análisis entre comunidades autónomas, es posible comprobar también que la mayoría de los casos acaban de una forma bastante pareja o similar. Esta afirmación se puede considerar otra revelación interesante que permite pensar que la judicialización de los casos es garantista con el destino del territorio.

Todas estas revelaciones se pueden extraer de los 100 casos analizados en 50 años de estudio. La propia cartografía de los conflictos ofrece explicaciones de tipo histórico y geográfico, además de extraer otras interpretaciones de orden económico y social. De su interés aplicado es posible extraer algunos aprendizajes importantes:

- 1) La sociedad valenciana contribuyó al blindaje de sus espacios litorales de alto valor en un contexto de transferencia competencial en materia de espacios naturales protegidos, cosa que no ha ocurrido con la planificación territorial y urbanística.
- 2) La sociedad civil valenciana no ha sido precisamente la más activa a hora de defender su territorio. No obstante, se puede afirmar que cada vez se ésta movilizandando más, sobre todo tras el estallido de la burbuja inmobiliaria.

- 3) De igual forma, parece que la sociedad civil está aprendiendo a canalizar más sus reivindicaciones por la vía administrativa o judicial. Con esto, no se quiere decir que renuncia a manifestarse en las calles, pero está asimilando que la lucha en los tribunales puede ser igualmente efectiva.

Ante estas revelaciones, la gestión integral de zonas costeras sigue siendo un reto pendiente puesto que ésta debería minimizar, en buena lógica, los diferentes tipos de conflictividad. Su desarrollo efectivo, debería habilitar diferentes espacios para que se produzca el diálogo fluido en el campo de la gobernanza territorial. Esta cuestión se antoja imprescindible, sobre todo en espacios tan frágiles y codiciados como es la costa y el litoral de la Comunitat Valenciana.

Financiación

Proyecto de investigación “Paisajes Salvados/Paisajes por salvar. Movilización social y preservación del paisaje litoral” (Ref. PID2020-116850RB-I00) MOVXPAIMED; correspondiente a la convocatoria 2020 de Proyectos I+D+i 2020 del Ministerio de Ciencia e Innovación (MCIN), Agencia Estatal de Investigación (AEI). Financiado con 30.000 €.

Referencias

- Alfama, E., Casademunt, A., Coll-Planas, G., Cruz, H., & Martí, M. (2007). *Per una nova cultura del territori? Mobilitzacions i conflictes territorials*. Ed. Icaria.
- Álvarez, A. (2019). De “el Saler per al poble” a los “salvem”. Nuevos movimientos ciudadanos en la Valencia de finales de siglo XX y principios del XXI (1974-2014). In R. Fernández Sirvent & Gutiérrez Lloret, R. A. (Eds.), *Del siglo XIX al XXI. Tendencias y debates: Actas del XIX Congreso de la Asociación de Historia contemporánea* (pp. 1138-1152). Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/96159>
- Amat, X. (2012). Ciudadanía y defensa del territorio. La experiencia del medio Vinalopó (Alicante). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (58), 319-348. <https://doi.org/10.21138/bage.2070>
- Baños, C. J. (1998). La oferta turística complementaria en los destinos turísticos alicantinos: implicaciones territoriales y opciones de diversificación. *Investigaciones Geográficas*, (19), 85-103. <https://doi.org/10.14198/INGEO1998.19.01>
- Burriel, E. (2008). La década prodigiosa del urbanismo español (1997-2006). *Scripta Nova. Revista Electrónica de Jafía y Ciencias Sociales*, 12(270). <https://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-270/sn-270-64.htm>
- Capdepón Frías, M. (2016). Conflictos ambientales derivados de la urbanización turístico-residencial. Un caso aplicado al litoral alicantino. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (71). <https://doi.org/10.21138/bage.2273>
- Cruz, H. (2008). Conflictos territoriales y movilizaciones ciudadanas: Algunas reflexiones sobre las formas de gobernanza territorial actuales. *Boletín de la Asociación Española de Geografía*, (48), 375-387. <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/726>
- del Moral Ituarte, L., Laconi, C., & Pedregal, B. (2020). Cartografiando el movimiento de justicia ambiental a escala regional: el mapa digital colaborativo de los conflictos del agua en Andalucía. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (85). <https://doi.org/10.21138/bage.2867>
- Dolç, C. (2021). *Del Saler al Túria. Els primers moviments ciutadans que van dissenyar València*. Ed. Pruna Llibres, El Magnànim.
- Galtung, J. (1998). *Tras la violencia, 3R: Reconstrucción, Reconciliación, Resolución. Afrontando los efectos visibles e invisibles de la guerra y la violencia*. Ed. Bakeaz y Gernika, Gogoratuz. <https://www.gernikagogoratuz.org/wp-content/uploads/2020/05/RG06completo.pdf>
- Gaviria, M. (1974). *Ni desarrollo regional ni ordenación del territorio: el caso valenciano*. Ed. Turner.
- Iribas, J. M. (2000). Benidorm, Manual de uso. In MVRDV-Architects (Eds.), *Costa Ibérica. Hacia la ciudad del ocio*, Ed. Actar.
- Martínez Marín, R., Marchamalo Sacristán, M., & Álvarez Gallego, S. (2018). *Introducción a los sistemas de información geográfica. Quantum GIS (QGIS)*. Garceta, Grupo Editorial.
- MOVXPAIMED (2020). “Paisajes Salvados/Paisajes por salvar. Movilización social y preservación del paisaje litoral” (Ref. PID2020-116850RB-I00), correspondiente a la convocatoria 2020 de Proyectos I+D+i 2020 del Ministerio de Ciencia e Innovación (MCIN), Agencia Estatal de Investigación (AEI).
- Muradian, R., Walter, M., & Martínez-Alier, J. (2012). Hegemonic transitions and global shifts in social metabolism: implications for resource-rich countries. Introduction to the special section. *Global Environmental Change*, (22), 559-567. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.03.004>
- Naredo, J.M. & Montiel, A. (2012). El modelo inmobiliario español y su culminación en el caso valenciano. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, 148, 445-447.
- Nel·lo, O. (Ed.) (2003). *Aquí, no! Els conflictes territorials a Catalunya*. Ed. Empúries. https://www.academia.edu/19724552/Aqu%C3%AD_no_Els_conflictes_territorials_a_Catalunya_Estudi_Introctori
- Nuss, S., Rufí, J. V., & Canaleta, G. (2020). 50 Years of Environmental Activism in Girona, Catalonia: From Case Advocacy to Regional Planning. *Land*, 9(6), 172. <https://doi.org/10.3390/land9060172>

- Obiol, E. & Pitarch, MD. (2011). El litoral turístico valenciano. Intereses y controversias en un territorio tensionado por el residencialismo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (56), 177-200. <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1349>
- Ortega, A. (2009). Agroecosystem, Peasants, and Conflicts: Environmental History in Spain at the Beginning of the Twenty-first Century. *Global Environment*, 4, 156-179. <https://doi.org/10.3197/ge.2009.020406>
- Peñín, A. (1988). La Marina, metrópolis rural o campo urbanizado. *Urbanismo: revista oficial del Colegio de Arquitectos de Madrid*, 4, 47-54.
- Peñín, A. (2006). *Urbanismo y Crisis. Hacia un nuevo planeamiento general*. Memorias Culturales. Ediciones Generales de la Construcción. <https://es.scribd.com/document/504853673/Urbanismo-y-Crisis-Alberto-Penin>
- Romero, J. (2022). Conflictos territoriales y geografías del poder. In J. Farinós & J. Olcina (Coords. y Eds.), *Ordenación del Territorio y Medio Ambiente* (pp. 209-237). Ed. Tirant lo Blanch.
- Sánchez, JV. (2011). La gestión integral de las zonas costeras: Un balance para la Comunitat Valenciana 1956-2010. In J. Farinós (Ed. & Coord.), *La gestión integrada de zonas costeras ¿Algo más que una ordenación del litoral revisada?* (pp. 219-240). Publicacions de la Universitat de València, . <https://rodrigo.uv.es/bitstream/handle/10550/82876/9788491349846.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, JV. (2019). Asimilación de las políticas de Paisaje en la Comunitat Valenciana. In J. Farinós (Coord.) & E. Peiró (Ed.), *Informe sobre la Evolución y la situación territorial de la Comunitat Valenciana* (pp.181-220). Cátedra de Cultura Territorial Valenciana, Publicacions de la Universitat de València.
- Sánchez, JV. (2024). *Movimientos sociales, gobernanza y protección del territorio en la Comunitat Valenciana: Un modelo para evaluar la calidad de las políticas públicas y la concertación social en los procesos de protección del paisaje litoral valenciano* [Doctoral thesis, Universitat de València]. Repositori d'Objectes Digitals per a l'Ensenyament la Recerca i la Cultura RODERIC.
- Schmidt, M. (2008). The Sankey Diagram in Energy and Material Flow Management. *Journal of Industrial Ecology*, 12(1), 82-94. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00004.x>
- Such, M. P. (1996). *Turismo y medio ambiente en el litoral alicantino*. Diputación Provincial de Alicante e Instituto Alicantino de Cultura Juan Gil Albert. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/4073/1/Such-Climent-Maria-Paz.pdf>
- Vera, J. F. (1987). *Turismo y urbanización en el litoral alicantino*. Ed. Diputación de Alicante, Instituto Alicantino de Cultura Juan Gil Alber.
- Vera, J. F. (1991). La oferta complementaria en el turismo de sol y playa: una respuesta al agotamiento al modelo masivo en la Costa Blanca. In F. Fourneau & M. Marchena (Eds.), *Ordenación y Desarrollo del turismo en España y Francia* (pp. 91-99). Casa de Velásquez, MOPU y otros.


La apertura disciplinar de la geografía española: un análisis del perfil formativo del profesorado universitario en geografía

The disciplinary openness of Spanish Geography: an analysis of the training profile of university Geography teachers

AUTORÍA

David García-Álvarez 

Departamento de Geografía, Universidad Complutense de Madrid, España.

Aida Pinos-Navarrete 

Departamento de Geografía Humana, Universidad de Granada, España.

DOI

<https://doi.org/10.14198/INGEO.27931>

CITACIÓN

García-Álvarez, D. & Pinos-Navarrete, A. (2025). La apertura disciplinar de la geografía española: un análisis del perfil formativo del profesorado universitario en geografía. *Investigaciones Geográficas*, (83), 249-268. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27931>

CORRESPONDENCIA

David García-Álvarez (davidg@ucm.es)

HISTORIA

Recibido: 9 julio 2024


Aceptado: 13 noviembre 2024

Publicado: 23 enero 2025

(Publicación anticipada: 19 diciembre 2024)

TÉRMINOS

© 2025 David García-Álvarez, Aida Pinos-Navarrete

 Este trabajo se publica bajo una licencia [Creative Commons de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Resumen

El sistema científico y universitario actual tiende hacia la interdisciplinariedad, con una amplia permeabilidad entre las viejas disciplinas constituidas en el siglo XIX. En tal contexto, es creciente la incorporación de profesorado universitario con un perfil formativo interdisciplinar, que implica una transformación de los tradicionales proyectos docentes e investigadores asociados a cada disciplina. La geografía española experimenta en la actualidad un acentuado proceso de renovación de su cuerpo de profesorado universitario, asimilando nuevos perfiles formativos que incentivan la transformación de la disciplina. A través de este artículo, se analiza el perfil formativo del profesorado en geografía en el sistema universitario español con el objetivo de analizar su evolución y la apertura disciplinar que ha tenido lugar en los últimos años. Los resultados ratifican un claro proceso de apertura de la geografía, con la incorporación de profesorado con bagajes formativos muy diversos. No obstante, la tendencia anterior muestra acusados contrastes en función de la universidad considerada. El artículo concluye con una discusión sobre las implicaciones que tal proceso puede tener en la conformación del futuro proyecto político e intelectual de la disciplina en España.

Palabras clave: interdisciplinariedad; multidisciplinariedad; profesorado universitario de geografía; epistemología; geografía española; apertura disciplinar.

Abstract

The current scientific and university system is tending towards interdisciplinarity, with a wide permeability between the old disciplines established in the nineteenth century. Within this context, the incorporation of university teaching staff with an interdisciplinary training profile is growing, which implies a transformation of the traditional teaching and research projects associated with each discipline. Spanish Geography is currently undergoing a marked process of renewal of its university teaching staff, assimilating new training profiles that contribute to the transformation of the discipline. This article analyses the training profile of Geography teachers in the Spanish university system with the aim of analyzing its evolution and the disciplinary opening that has taken place in the discipline in recent years. The results confirm a clear process of disciplinary opening, with the incorporation of Geography teachers from very different educational backgrounds. However, the above trend

shows marked contrasts depending on the university considered. The article concludes with a discussion of the implications that this process may have in shaping the future political and intellectual project of the discipline in Spain.

Keywords: Interdisciplinarity; Multidisciplinarity; Geography university professors; Epistemology; Spanish Geography; disciplinary openness.

1. Introducción

La investigación y docencia universitarias se encuentran actualmente inmersas en un importante proceso de transformación, con una creciente tendencia a la conformación de grupos de investigación y programas formativos, tanto de grado como de posgrado, cada vez más interdisciplinarios. Viles (2005) apunta en este sentido a un proceso de redefinición de las viejas disciplinas establecidas en el siglo XIX, entre las que cabe señalar la geografía.

En tal contexto, la geografía busca hoy encontrar su lugar. Paradójicamente, su tradicional carácter de disciplina puente entre las ciencias naturales y las sociales y humanas, así como su corpus teórico, conformado a partir de la conjunción de un amplio conjunto de conocimientos multidisciplinarios, suponen actualmente una de las principales amenazas para la unidad de la disciplina. La creciente división de la geografía en numerosas subdisciplinas, cada vez más especializadas en determinados ámbitos del conocimiento, con diferentes métodos y estrategias de publicación, y abiertas a la colaboración con académicos/as de disciplinas ampliamente diferentes, han supuesto la reestructuración de la comunidad geográfica en numerosas ramas, que a menudo se encuentran más próximas a otras disciplinas, que a la propia geografía (Méndez, 2008). En consecuencia, la geografía vive actualmente un claro riesgo de disgregación en numerosas subdisciplinas, cada una con un objeto y método diferentes, que contrasta con su tradicional papel como cuerpo de conocimiento interdisciplinar y sintético y, por tanto, totalmente adaptado a las necesidades del sistema científico y universitario contemporáneo.

Varios autores han documentado la crisis que la tendencia anterior ha supuesto para el caso de la geografía anglosajona. Habitualmente se menciona la desaparición del Departamento de Geografía en la Universidad de Harvard en 1948 como uno de los hitos que marca el inicio de tal crisis y que ha precedido a la creciente tendencia de desaparición de departamentos de geografía en las universidades australianas, estadounidenses, británicas o neozelandesas, entre otras (Bański, 2013; Cresswell, 2013; Whalley et al., 2011). En todos los casos, se ha observado una fusión de los departamentos de geografía con los de otras ramas del conocimiento, conformando nuevas unidades docentes e investigadoras, habitualmente unidas en torno al eje ambiental y que, en general, tienden a producir una clara separación entre los geógrafos físicos y los humanos (Hall et al., 2015; Johnston & Sidaway, 2016; Thomas, 2022). Un proceso que, referido a la disolución de la geografía con otras Ciencias de la Tierra, Cupples (2020) ha definido como “geocientificación” (*Geoscientisation*), el cual valora críticamente como una estrategia de borrado del fundamento epistemológico de la geografía.

La transformación anterior ha tenido también un efecto claro sobre las enseñanzas universitarias anglosajonas de geografía, cada vez más interdisciplinarias y donde las materias tradicionales de geografía han ido perdiendo peso (Buang, 2011; Whalley et al., 2011). Houghton & Houghton (2016) han identificado este proceso como una amenaza importante para la propia existencia de los estudios de Geografía. A este respecto, Hall et al. (2015) apuntan al creciente papel que otras disciplinas han ido ganando en el diseño de asignaturas de geografía en el contexto británico.

Al mismo tiempo, la tendencia anterior ha sido paralela a la creación de estudios y puestos de profesorado de temática geográfica que, sin embargo, han quedado definidos y ocupados por profesionales que no son geógrafos (Gibson, 2007). En este sentido, emergen nuevos campos de estudio, de carácter geográfico, que se mueven en el ámbito interdisciplinar y los márgenes de la geografía como disciplina. La fundación en Harvard del Centro de Análisis Geográfico en 2006, centrado en el análisis espacial y las Tecnologías de la Información Geográfica, allí donde el Departamento de Geografía desapareció medio siglo antes, da buena prueba de este proceso de mutación (Cresswell, 2013).

En España, la geografía universitaria ha experimentado importantes cambios en las últimas décadas (Comité Español de la UGI, 2002). El más significativo, a finales del siglo XX, fue la consolidación de la geografía como disciplina independiente, con autonomía administrativa y un plan de estudios propio en las principales universidades del país (Esparcia Pérez & Sánchez Aguilera, 2012). A lo largo del siglo XXI, la comunidad de

geografía española se ha ido abriendo a la colaboración interdisciplinar, participando en la docencia de un creciente número de grados y posgrados de disciplinas diferentes, aunque en su mayoría del campo de las Ciencias Sociales y Humanidades, así como conformando grupos de trabajo y proyectos de investigación de carácter cada vez más interdisciplinar (Lasanta & Martín Vide, 2013; Martínez Fernández & Delgado Urrecho, 2017). Las revistas académicas nacionales de geografía y las convocatorias de investigación tradicionalmente geográficas se han ido también mostrando cada vez más permeables a la incorporación de equipos procedentes de otras disciplinas, incluso cuando no contaban con ningún/a geógrafo/a entre sus integrantes (Esparcia, 2013; Gómez Mendoza, 2013b).

Los cambios más recientes de la disciplina en España coinciden también con los principales retos a los que la geografía se enfrenta en nuestro país. En primer lugar, un acusado descenso del número de personas matriculadas en los grados de Geografía, ante el declive demográfico de las cohortes de población más joven, la creciente competencia entre estudios de grado en las universidades españolas y una aparente falta de atractivo de los estudios de Geografía entre el alumnado de las enseñanzas preuniversitarias (Comité Español de la UGI, 2004; Martínez Fernández & Delgado Urrecho, 2017; Olcina Cantos et al., 2022). En segundo lugar, el notable envejecimiento del profesorado universitario de geografía ha dado lugar a un proceso de renovación de la plantilla de geógrafo/as universitario/as que, en los próximos años, conformará una nueva generación de profesorado, la cual habrá de definir el proyecto de futuro de la disciplina en España.

Para el primer reto, varios autores han planteado la necesidad de valorar la posible especialización de ciertos grados en Geografía y su fusión con estudios de otras disciplinas, como la tradicional asociación entre Geografía e Historia (Olcina Cantos et al., 2022). El segundo reto no ha recibido prácticamente atención en la literatura académica y, de hecho, no se han identificado foros de relevancia donde se haya abordado. Sin embargo, la renovación generacional de la comunidad de geógrafo/as español/e/as supone un hito clave en la transformación de la disciplina, por cuanto implica la conformación de los equipos que conceptualizarán y darán sustento tanto al proyecto político como al proyecto intelectual de la disciplina en los próximos años. El primero se encarga de defender la relevancia social de la disciplina y de justificar su utilidad, mientras que el segundo justifica las competencias y los conocimientos que se han de adquirir a través de los estudios en Geografía (Johnston, 2005).

A nivel internacional, son escasos los estudios que han caracterizado al personal docente e investigador de geografía y que han aportado luces sobre un perfil formativo (Leng et al., 2017). Se han realizado varios directorios mundiales de profesorado universitario de geografía en los que se incluía información sobre el perfil formativo de tales profesores, si bien no incluyen ningún análisis de los resultados (Abler, 1992; Ehlers, 1988; Meynen, 1974). En España, la Asociación Española de Geografía (AGE) acometió en 2012 un estudio del profesorado de geografía que, sin embargo, no era exhaustivo, y no prestaba especial atención al perfil formativo del profesorado (Sánchez Aguilera, 2013). El mismo remarcaba la escasez de estudios para el caso español sobre las características del personal investigador y docente de geografía, lo que contrasta con los estudios que se han realizado para otros ámbitos de conocimiento afines a la geografía, como en el caso del área de conocimiento en Urbanística y Ordenación del Territorio (Soria-Lara et al., 2021; Temes-Cordovez, 2022).

Un punto clave de la renovación de la plantilla universitaria de geógrafo/as en España, al que se ha prestado poca atención, queda determinado por la creciente incorporación a la misma de personal de perfiles formativos interdisciplinarios y diferentes al tradicional bagaje en Geografía o Geografía e Historia, tanto a nivel de grado, como de doctorado. Una tendencia que Liu et al. (2022) han constatado también a nivel internacional en universidades anglófonas y de otros contextos culturales.

La contratación de profesorado universitario en España, también en geografía, se ha explicado históricamente a partir de tradicionales lógicas endogámicas que buscaban el mantenimiento y consolidación de las emergentes escuelas locales, conformadas a partir de los pupilos de aquellos que ostentaban las cátedras correspondientes (Capel, 2003). Esto ha llevado a la conformación de grupos de trabajos homogéneos y muy coherentes, en torno a especialistas de la misma disciplina e, incluso, la misma escuela, que recurrían solo excepcionalmente a la colaboración externa (Esparcia, 2013). La tímida superación de tal endogamia, junto a una creciente movilidad del profesorado universitario y la apertura disciplinar de los contextos académicos en los que investigan y se forman los/as actuales geógrafo/as, ha promovido la contratación y asimilación de nuevos profesionales con otros bagajes formativos. Una tendencia que la reciente aprobación de la Ley del Sistema Universitario probablemente incrementará, al imponer condiciones que buscan superar tendencias

endogámicas y contribuir a la construcción de un sistema universitario interdisciplinar (Boletín Oficial del Estado, 2023).

Tal proceso de apertura disciplinar supone un punto clave de evolución y transformación de la disciplina en España, que habrá de tener efectos inmediatos en la misma, tanto a corto como a largo plazo. En este sentido, Leng et al. (2017) apuntan que el perfil formativo del profesorado universitario tiene un impacto directo en el diseño de los currículos educativos, en la expansión de las diferentes disciplinas, así como en la intensidad y el tipo de comunicación y cooperación académica. Además, se trata de un proceso revelador que permite entender el papel que la geografía va a jugar en el contexto de un sistema científico cada vez más interdisciplinar. Es por ello que, a través del presente artículo, se busca analizar la evolución del perfil formativo del profesorado universitario en geografía en España, y sus posibles causas, para comprender la evolución reciente de la disciplina y las posibles implicaciones que esto puede tener a futuro. Con todo, se pretende aportar una reflexión que contribuya a establecer el sustento teórico sobre el que se definirá el proyecto de disciplina de las próximas décadas en España.

2. Metodología

Con el propósito de analizar el perfil formativo del profesorado universitario de geografía en España y su evolución, se ha creado un directorio de personal docente en geografía en las universidades españolas (sección 2.1). Su explotación estadística a través de una hoja de cálculo ha permitido caracterizar tal perfil formativo y analizar su posible evolución hasta marzo de 2023 (sección 2.2). Para ello, se han tenido en cuenta las distintas categorías profesionales del profesorado universitario, que suelen ser un reflejo bastante claro de las etapas de evolución de su carrera profesional. Finalmente, con el objetivo de conocer la mayor o menor apertura que existe hacia personal procedente de otras disciplinas, se han analizado los requisitos de entrada que las distintas universidades españolas exigen al profesorado de geografía (sección 2.3).

2.1. Directorio de profesorado universitario geógrafo en España

Se ha hecho una revisión del profesorado de universidades españolas que se encuentra adscrito a alguna de las tres áreas de conocimiento de la geografía definidas por el Real Decreto 1312/2007: análisis geográfico regional, geografía física y geografía humana (Boletín Oficial del Estado, 2007). Para ello, se consultaron durante el mes de marzo de 2023 los directorios y páginas webs oficiales de cada una de las diferentes universidades.

Con el fin de limitar el análisis, se ha recogido únicamente información del personal docente, excluyendo al personal investigador, ya sea predoctoral, posdoctoral o con cargo a proyecto. Aunque relevante para nuestro análisis, por cuanto gran parte del personal investigador adscrito a las áreas de conocimiento de geografía procede hoy en día de diversas disciplinas y acabará asumiendo puestos docentes en el futuro, se han excluido debido a que es únicamente el personal docente el que actualmente posee un papel protagonista en el diseño de la docencia y la definición del proyecto de la disciplina a futuro. Además, en muchos casos, las páginas web oficiales no incluyen información específica y actualizada sobre el personal investigador y las áreas de conocimiento a las que queda adscrito. Entre las figuras de personal docente revisadas, se incluyen: Catedrático/a de Universidad o Escuela Universitaria; Profesor/a Titular de Universidad o Escuela Universitaria; Profesor/a Agregado/a; Profesor/a Contratado/a Doctor/a; Profesor/a Colaborador/a; Profesor/a Ayudante Doctor/a; Profesor/a Adjunto/a; Profesor/a Visitante; Profesor/a Interno/a; y Profesor/a Asociado/a.

Para cada persona revisada, se recogió en marzo de 2023 la información que se indica a continuación. La misma se extrajo a partir de los directorios y páginas oficiales de cada universidad y, cuando no se encontraba, a través de perfiles en redes sociales (ORCID, ResearchGate, LinkedIn) u otras fuentes web en las que se encontrasen disponibles. Finalmente, en los casos en los que no se encontró la información buscada en Internet, se contactó individualmente durante los meses posteriores a marzo de 2023 con cada una de las personas y otros/as compañero/as para solicitar la información faltante. En aquellos casos en los que no se pudo obtener algún dato a través de las vías mencionadas, ese apartado se ha debajo en blanco.

- Nombre
- Apellidos
- Categoría profesional (Catedrático/a, Profesor/a titular, etc)
- Área de conocimiento
- Departamento

- Universidad
- Formación de Grado/Licenciatura
- Formación de Doctorado
- Universidad de Doctorado
- URL del perfil institucional o equivalente

Con todo lo anterior, se ha conformado un directorio de profesorado universitario en geografía en una hoja de cálculo, que se adjunta como material complementario a este artículo.

2.2. Análisis del perfil formativo del profesorado universitario de geografía en España

Se ha trabajado estadísticamente el directorio obtenido en el paso anterior a través de la realización de diferentes tablas dinámicas con el software Excel. Para facilitar la explotación estadística de los datos, se agruparon las diferentes titulaciones de Grado/Licenciatura y de Doctorado en varios grupos, según su temática. También se concentraron en una sola las categorías de Profesor/a Ayudante Doctor/a y Profesor/a Adjunto/a y las categorías Profesor/a Agregado/a y Profesor/a Contratado/a, propias de los sistemas universitarios catalán y vasco. Además, se categorizó cada registro según su formación en Geografía (Sí/No), según la nacionalidad de la universidad en la que se obtuvo el doctorado (española/extranjera) y según la continuidad laboral del profesor en aquella universidad en la que se doctoró (Sí/No).

Los estudios de grado/licenciatura se clasificaron en los siguientes grupos: Arquitectura y Urbanismo; Turismo; Ciencias de la Educación; ingenierías; Ciencias Ambientales; Derecho; Geografía; Geografía e Historia; Historia e Historia del Arte; Humanidades; Lengua y Literatura; Biología y Ciencias del Mar; Ciencias Exactas; Ciencias Políticas; Economía y Administración de Empresas; Filosofía y Letras; Ciencias de la Tierra; y Sociología.

Los estudios de doctorado se clasificaron en los siguientes grupos: Ciencias de la Tierra; Ciencias Exactas; Ciencias Naturales; Ciencias Políticas; Ecología y Ciencias Ambientales; Economía; Estudios Globales; Geografía y afines; Historia y afines; Ingeniería; Oceanografía; Sociología y Antropología; Turismo; y Urbanística y Ordenación del Territorio.

2.3. Análisis de los criterios de acceso a los puestos de profesorado en geografía

Para comprender los requisitos de entrada a los puestos docentes en geografía y su grado de apertura disciplinar, se consultaron las últimas convocatorias de concursos públicos para las plazas de Profesor/a Ayudante Doctor/a de Geografía de las diferentes universidades españolas con información disponible hasta septiembre de 2023. La figura del Profesor/a Ayudante Doctor/a es en el sistema universitario español el contrato inicial de formación como docente, el cual posteriormente promociona hacia los puestos de profesor/a contratado/a, titular o de catedrático/a. El análisis de los requisitos impuestos en su proceso selectivo da por tanto una buena idea del posible grado de apertura disciplinar que se realiza a la hora de contratar al futuro profesorado de geografía.

Para cada convocatoria estudiada, se analizaron los requisitos impuestos para concursar en la plaza, los distintos méritos evaluables y su puntuación relativa, así como las afinidades consideradas a la hora de evaluar estos. Con todo, para cada caso, se ha comprobado si la convocatoria definía afinidades específicas (según titulación, área de conocimiento u otros parámetros); si se exigía alguna titulación específica para acceder al concurso y cuál era; si se valoraban las titulaciones de grado o licenciatura y en qué grado; si se valoraba de forma específica e independiente el perfil docente e investigador del concursante; y si, finalmente, el solicitante debía presentar algún tipo o propuesta de proyecto docente e investigador para su evaluación.

3. Resultados

3.1. El perfil formativo del profesorado universitario de geografía en España

Los resultados revelan que la amplia mayoría del profesorado universitario de geografía en España tiene una formación de grado y doctorado en Geografía (Tabla 1). Sin embargo, el análisis según el nivel de categoría profesional muestra cómo en las categorías inferiores de la jerarquía (Ayudante Doctor, Contratado Doctor o Interino), que agrupan al profesorado más novel y de reciente contratación, el porcentaje de profesores/as no geógrafos/as es más alto. Esto apunta a un posible proceso de transformación del profesorado de geografía

en España, cada vez más heterogéneo y distanciado de la tradicional formación disciplinar homogénea que caracteriza al cuerpo de profesores con mayor antigüedad.

Tabla 1. Proporción de profesorado universitario de geografía en España, según su categoría profesional y formación de grado/licenciatura y doctorado

Categoría profesional	Formación de grado o licenciatura en Geografía	Formación doctoral en geografía o similares*
Catedrático/a de Universidad	96,8%	96,9%
Profesor/a Titular de Universidad	95,6%	96,8%
Profesor/a Contratado/a Doctor/a	89%	93,8%
Profesor/a Colaborador/a	100%	100%
Profesor/a Ayudante Doctor	69,9%	82,5%
Profesor/a Interino/a	61,9%	77,8%
Profesor/a Visitante	50%	50%
Profesor/a Asociado/a	81,1%	85,7%
Total	87,7%	92,5%

*Los porcentajes se expresan respecto al total de profesores/as con título de doctor dentro de cada categoría. Se excluye, por tanto, el profesorado sin título de doctor.

Elaboración propia

El análisis a nivel de universidad o departamento es especialmente significativo. Aunque aún son minoría, varias universidades muestran un porcentaje alto o muy alto de profesorado Ayudante Doctor que no se ha formado como geógrafo en el grado o en el doctorado. Entre ellas, se encuentran algunos de los departamentos de geografía más numerosos y relevantes del país, como son los de la Universidad de Barcelona, la Autónoma de Madrid, la Complutense, la Universidad de Málaga, la de Sevilla o la de Valencia (Tabla 2). Aunque en algunos casos los elevados porcentajes pueden quedar explicados por el escaso número de docentes contratados bajo tal figura, sí que se observa una clara tendencia general en esta dirección. Para el profesorado Contratado Doctor, la tendencia es menos acusada, pero apunta también a una dirección similar en varias universidades españolas. Destacan a este respecto la Universidad de Cádiz, la de Vigo, la del País Vasco o la Autónoma de Barcelona (Tabla 2).

Entre las figuras del profesorado más estable, el profesorado funcionario (Titular de Universidad y Catedrático/a de Universidad), la presencia de perfiles no formados en titulaciones de Geografía suele ser excepcional. No obstante, sí ocurre en algunos casos, como en la Autónoma de Barcelona o la Rovira i Virgili para el caso de las cátedras, o en la Universidad de Alcalá para el caso de las titularidades. En el caso de la Autónoma de Barcelona, el proceso de apertura disciplinar no es tan novedoso, ya que se empezó a acometer en décadas pasadas. Muchas de las universidades que cuentan con una cierta proporción de profesorado no geógrafo entre su profesorado titular, también integraron a estos miembros hace varias décadas (ej. Complutense). En otras ocasiones, estos altos porcentajes de profesorado funcionario con un perfil formativo diferente se explican por la rápida promoción de personal docente e investigador con currículos muy competitivos, como en el caso de la Rovira i Virgili o de la Universidad de Alcalá. Ambas universidades dan buena prueba de esa rápida tendencia a la apertura disciplinar de la geografía española, con ciertos departamentos presentando ya profesorado de perfiles formativos muy diferentes.

Si bien pudiera apuntarse una cierta correlación entre la proporción de profesorado no formado en Geografía con la (no) existencia de titulaciones en Geografía a cargo de los diferentes departamentos, la realidad es que, en departamentos sin titulación de Geografía, como la UNED, la Universidad de A Coruña, la de Huelva o la de La Rioja, el profesorado sin formación geográfica es inexistente. Al contrario, en universidades con amplia tradición de estudios geográficos, como la Autónoma de Barcelona o la Complutense, la proporción de este tipo de profesorado es significativa. De este modo, las diferentes proporciones según la universidad parecen obedecer a las diferentes estrategias y realidades de cada departamento, más o menos abiertos a la asimilación de perfiles procedentes de otras disciplinas, que a otro tipo de causas de carácter más estructural.

Entre el profesorado con una licenciatura o grado distinto del tradicional en Geografía, Geografía e Historia o Filosofía y Letras, destaca especialmente el profesorado titulado en Ciencias Ambientales, que supone prácticamente un tercio del total del profesorado no geógrafo (Tabla 3). Los titulados en Biología, Arquitectura y Turismo son los siguientes perfiles formativos más presentes, junto a la amplia gama de las ingenierías y las tradicionales titulaciones en Humanidades o en Historia. A nivel de doctorado, la tendencia es similar y apunta en la misma dirección. Destacan los doctores en el campo de la Ecología y las Ciencias Ambientales, junto a aquellos en Turismo, Historia y afines y Urbanística y Ordenación del Territorio (Tabla 4).

Tabla 2. Proporción de profesorado de geografía sin titulación de grado/licenciatura (Grad) y doctorado (Doct) en Geografía, según universidad y categoría profesional

	Catedrático/a		Titular		Contratado/a		Ayudante Doc.		Interino/a		Visitante		Asociado/a		Media	
	Grad	Doct	Grad	Doct	Grad	Doct	Grad	Doct	Grad	Doct	Grad	Doct	Grad	Doct	Grad	Doct
UNED	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
U. de La Rioja	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
U. Autónoma de Barcelona	28,6%	28,6%	0%	0%	50%	37,5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	28,3%	20,8%	24,1%	17,5%
U. Autónoma de Madrid	25%	0%	0%	0%	0%	0%	42,9%	14,3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13,3%	3,3%
U. Carlos III de Madrid	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9,1%	0%
U. Complutense de Madrid	0%	0%	9,1%	9,1%	7,1%	0%	50%	40%	0%	0%	0%	0%	10%	0%	15,1%	11,1%
U. de Alcalá	0%	0%	33,3%	16,7%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	8,3%
U. de Alicante	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	12,5%	50%	4,3%	13,9%
U. de Almería	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	0%
U. de Barcelona	0%	0%	0%	0%	0%	0%	42,9%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	16,2%	0%
U. de Burgos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	33,3%	0%	14,3%	25%
U. de Cádiz	0%	50%	20%	0%	100%	0%	100%	100%	0%	100%	0%	0%	100%	100%	36,4%	36,4%
U. de Cantabria	0%	0%	14,3%	14,3%	0%	0%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	15,8%
U. de Castilla La Mancha	0%	0%	0%	0%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5,3%	0%
U. de Córdoba	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	66,7%	0%	0%	0%	0%	0%	22,2%	0%
U. de Extremadura	0%	0%	14,3%	14,3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6,7%	6,7%
U. de Girona	0%	0%	0%	0%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	42,9%	33,3%	24,1%	9,5%
U. de Granada	0%	0%	11,1%	11,1%	16,7%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	12%	4%
U. de Huelva	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
U. de Jaén	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	0%	0%	0%	0%	12,5%	14,3%
U. de La Laguna	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
U. de Las Palmas de GC	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
U. de León	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	5,9%
U. de Lleida	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	12,5%	33,3%	5,9%	8,3%
U. de Málaga	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	12,5%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	13,8%	7,4%
U. de Murcia	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	5,3%	5,3%
U. de Navarra	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
U. de Oviedo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
U. de Salamanca	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6,7%
U. Santiago de Compostela	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33,3%	16,7%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	13%	4,8%
U. de Sevilla	0%	0%	8,3%	4,2%	0%	0%	100%	100%	60%	0%	0%	0%	0%	0%	11,1%	3,8%
U. de Valencia	0%	0%	0%	0%	16,7%	16,7%	33,3%	16,7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6,7%	5,7%
U. de Valladolid	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
U. de Vigo	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	25%
U. de Zaragoza	0%	0%	0%	0%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2,9%	3,3%
U. del País Vasco	0%	0%	10%	0%	66,7%	66,7%	25%	25%	33,3%	50%	0%	0%	0%	0%	25%	21,1%
U. Pablo de Olavide	0%	0%	0%	40%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6,3%	13,3%
U. Pública de Navarra	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
U. Rey Juan Carlos	0%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	0%	100%	11,1%	42,9%
U. da Coruña	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
U. de las Illes Balears	0%	0%	16,7%	9,1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	37,5%	25%	17,9%	9,1%
U. Jaume I	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	20%	20%
U. Pompeu Fabra	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
U. Rovira I Virgili	33,3%	33,3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	12,5%	0%	10,3%	6,7%

En negrita se destacan los datos más significativos

Elaboración propia

Tabla 3. Proporción de profesorado de geografía con un grado/licenciatura diferente a Geografía, según el área de conocimiento al que se encuentra adscrito

Titulación de grado/licenciatura	AGR	GF	GH	NC	Media
Arquitectura/Urbanismo	10,0%	0,0%	90,0%	0,0%	9,7%
Diplomatura/Grado en Turismo	33,3%	11,1%	44,4%	11,1%	8,7%
Diplomatura/Licenciatura en Ciencias de la Educación	50,0%	0,0%	50,0%	0,0%	1,9%
Ingeniería	25,0%	0,0%	62,5%	12,5%	7,8%
Licenciatura/Grado en Ciencias Ambientales	35,5%	16,1%	48,4%	0,0%	29,1%
Licenciatura/Grado en Derecho	33,3%	0,0%	66,7%	0,0%	2,9%
Licenciatura/Grado en Historia/H del Arte	16,7%	16,7%	50,0%	16,7%	5,8%
Licenciatura/Grado en Humanidades	0,0%	0,0%	10,0%	0,0%	1%
Licenciatura/Grado en lenguas y literaturas	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1%
Licenciatura en Biología/Ciencias del mar	25,0%	58,3%	16,7%	0,0%	11,7%
Licenciatura en ciencias exactas	0,0%	25,0%	50,0%	25,0%	3,9%
Licenciatura en Ciencias Políticas	50,0%	0,0%	50,0%	0,0%	1,9%
Licenciatura en Economía/ADE	0,0%	0,0%	50,0%	50,0%	1,9%
Licenciatura en Geología/Ciencias de la Tierra	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	1,9%
Licenciatura en Humanidades	28,6%	0,0%	71,4%	0,0%	6,8%
Licenciatura en Sociología	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%	3,9%
Media por área de conocimiento	9,6%	8,8%	15,7%	12,8%	

Los porcentajes de AGR, GF, GH y NC se expresan respecto al total de profesorado con esa titulación de grado/licenciatura. La columna "Media" hace referencia a la proporción que el profesorado con esa titulación representa respecto al total del profesorado no geógrafo. La fila "Media por área de conocimiento" hace referencia a la proporción de profesorado no geógrafo por área de conocimiento.

AGR: Análisis Geográfico Regional; GF: Geografía Física; GH: Geografía Humana; NC: No consta el área de conocimiento.

Elaboración propia

El grado en Ciencias Ambientales tiene una clara componente territorial, en el que habitualmente los departamentos de geografía poseen un cierto peso docente. Por su carácter interdisciplinar, los egresados de esta titulación no disponen de una única disciplina de referencia en la que insertarse y desarrollar una carrera académica e investigadora, por lo que se integran en aquellas con las que comparten afinidad temática, como la Geografía. Con aquello/as egresado/as en Turismo, ocurre una situación similar. La tradicional vinculación entre la geografía y la historia y el resto de las humanidades, con quien comparte en muchas universidades titulación común, explica también la significativa proporción de profesorado no geógrafo que se ha formado en tales disciplinas. Finalmente, la biología y las ingenierías no muestran una vinculación clara con la labor docente de los geógrafos, si bien existen importantes sinergias en investigación entre estas disciplinas (a partir de la geografía física, en el primer caso, y de las técnicas y el análisis espacial, en el segundo caso), que permiten explicar tal asociación.

Tabla 4. Proporción de profesorado de geografía con un doctorado diferente a Geografía, según área de conocimiento al que se encuentra adscrito

Titulación de doctorado	AGR	GF	GH	NC	Media
Ciencias de la Tierra	33,3%	66,7%	0,0%	0,0%	4,9%
Ciencias exactas	0,0%	50,0%	50,0%	0,0%	3,3%
Ciencias naturales	16,7%	50,0%	33,3%	0,0%	9,8%
Ciencias Políticas	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	1,6%
Ecología y ciencias ambientales	18,2%	36,4%	45,5%	0,0%	18,0%
Economía	33,3%	0,0%	33,3%	33,3%	4,9%
Estudios globales	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	1,6%
Historia y afines	44,4%	11,1%	44,4%	0,0%	14,8%
Ingeniería	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	3,3%
Oceanografía	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	3,3%
Sociología/Antropología	0,0%	33,3%	66,7%	0,0%	4,9%
Turismo	60,0%	0,0%	30,0%	10,0%	16,4%
Urbanística y Ordenación del Territorio	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%	13,1%
Media por área de conocimiento	7,1%	7,6%	8,6%	10,5%	

Los porcentajes de AGR, GF, GH y NC se expresan respecto al total de profesores con esa titulación de doctorado. La columna "Media" hace referencia a la proporción que los profesores con esa titulación representan respecto al total del profesorado no geógrafo. La fila "Media por área de conocimiento" hace referencia a la proporción de profesorado no geógrafo por área de conocimiento.

AGR: Análisis Geográfico Regional; GF: Geografía Física; GH: Geografía Humana; NC: No consta el área de conocimiento.

Elaboración propia

Por ramas de conocimiento, tanto para la formación de grado como para la de doctorado, se comprueba cómo las ciencias ambientales han permeado de manera transversal en las tres áreas, mientras que los titulados en ciencias naturales se han insertado preferentemente en geografía física y aquellos especialistas en arquitectura y urbanismo en geografía humana (Tablas 3 y 4). Geografía humana es, además, el ámbito

de conocimiento que se ha mostrado más permeable a la asimilación de profesorado con un perfil formativo de licenciatura o grado no geográfico (84,3% de profesorado de geografía, frente al 90-91% de las otras dos áreas de conocimiento) (Tabla 3), si bien en el caso de los perfiles formativos relativos a los estudios de doctorado la proporción de no geógrafos es en las tres áreas muy similar, entre el 7 y el 8% del total del profesorado adscrito a cada área (Tabla 4).

Finalmente, en gran parte de las universidades, especialmente en aquellas con mayor tradición en los estudios geográficos y que cuentan con titulaciones propias de geografía, la mayor parte del profesorado de geografía queda integrado por personas que se doctoraron en la propia universidad. Las principales excepciones se producen en la UNED y en aquellas universidades con un pequeño contingente de geógrafos/as que, por tanto, no han contado tradicionalmente con estudios de doctorado en Geografía, como en los casos de La Rioja, Almería, Burgos, Lleida, Jaén, Vigo, A Coruña o la Carlos III, la Rey Juan Carlos y la Pompeu Fabra (Tabla 5). Entre el resto, la Universidad de Salamanca, la de León, la Rovira y Virgili y la de Islas Baleares destacan por la baja proporción de profesorado doctorado en la misma institución. La incorporación de profesorado doctorado en instituciones extranjeras es en general muy poco significativa y solo destaca en la Pompeu Fabra y la Pablo de Olavide, en gran parte derivado del escaso número de profesores que integran las respectivas unidades de geografía. Entre los grandes departamentos, destaca la Autónoma de Barcelona, con un 10% de doctores por instituciones extranjeras, lo que contrasta con la habitual ausencia de este perfil en el resto de departamentos de geografía de las universidades españolas (Tabla 5).

Tabla 5. Proporción de profesorado de geografía, según su vinculación a la universidad en la que se ha doctorado o su procedencia de una institución extranjera

	Doctorado en la misma universidad	Doctorado en una institución extranjera
UNED	15,4%	0%
Universidad de La Rioja	0%	0%
U. Autónoma de Barcelona	75,9%	10,1%
U. Autónoma de Madrid	83,3%	0%
U. Carlos III de Madrid	25%	0%
U. Complutense de Madrid	71,1%	1,9%
U. de Alcalá	75%	0%
U. de Alicante	100%	0%
U. de Almería	25%	0%
U. de Barcelona	93,9%	0%
U. de Burgos	16,7%	0%
U. de Cádiz	54,5%	0%
U. de Cantabria	68,4%	0%
U. de Castilla-La Mancha	77,8%	0%
U. de Córdoba	100%	0%
U. de Extremadura	93,3%	6,7%
U. de Girona	57,1%	0%
U. de Granada	84%	4%
U. de Huelva	80%	0%
U. de Jaén	37,5%	0%
U. de La Laguna	85%	4,5%
U. de Las Palmas de GC	78,9%	0%
U. de León	52,9%	0%
U. de Lleida	25%	0%
U. de Málaga	86,2%	0%
U. de Murcia	94,7%	0%
U. de Navarra	100%	0%
U. de Oviedo	94,1%	0%
U. de Salamanca	53,3%	0%
U. de Santiago de Compostela	87%	0%
U. de Sevilla	92,3%	0%
U. de Valencia	89,7%	2,2%
U. de Valladolid	75%	0%
U. de Vigo	0%	0%
U. de Zaragoza	96,7%	0%
U. del País Vasco	73,7%	0%
U. Pablo de Olavide	53,3%	18,8%
U. Pública de Navarra	100%	0%
U. Rey Juan Carlos	28,6%	0%
U. da Coruña	0%	0%
U. de las Illes Balears	68,2%	3,6%
U. Jaume I	80%	0%
U. Pompeu Fabra	0%	33,3%
U. Rovira i Virgili	60%	3,4%

Elaboración propia

3.2. Los criterios de acceso al cuerpo de profesorado universitario de geografía en España

El análisis de los requisitos de acceso exigidos y valorados por las distintas universidades españolas para contratar a profesorado Ayudante Doctor en áreas de conocimiento de geografía ha revelado una amplia diversidad de situaciones.

Más allá de la titulación de doctorado, requisito para todos los concursos de la figura, la mayor parte de las universidades valoran también la titulación de grado o licenciatura y sus premios asociados, si bien en proporciones significativamente diferentes: del 21% de la valoración global en la Universidad de Cádiz al 3% de las universidades de Huelva, del País Vasco o de la Carlos III (Tabla 6). En todas las universidades catalanas, así como en la Complutense y las universidades de Burgos y Navarra, la titulación de grado no se valora en ningún punto del baremo, lo que no establece ningún sesgo positivo para la contratación de aquellas personas que se hayan titulado en Geografía. En el lado opuesto, varias universidades señalan titulaciones específicas como requisito o mérito preferente a cumplir en la valoración, otorgando así a la titulación de grado un papel clave en el proceso de contratación del futuro profesorado de geografía. Se trata de las universidades de Alicante, Almería, Córdoba, Extremadura, Jaén, Las Palmas y Valencia (Tabla 6). Salvo en el caso de Alicante, que también incluye la posibilidad de que titulados en Turismo puedan concursar, en el resto de universidades tal requisito limita el concurso a aquellos titulados en Geografía y titulaciones afines, lo que restringe notablemente el perfil formativo del profesorado que se va a contratar.

En general, son minoritarias las universidades que definen afinidades a priori en la valoración de méritos, habitualmente a partir de áreas de conocimiento o por titulaciones. Entre aquellas que definen afinidades por áreas de conocimiento, lo habitual es considerar únicamente como afines las tres áreas de conocimiento de geografía: análisis geográfico regional, geografía física y geografía humana. Si bien se suelen asignar afinidades diferentes para cada una según el área al que se adscriba la plaza, en la Universidad de la Rioja se considera la misma afinidad para el conjunto de áreas de geografía. Entre las áreas no geográficas, cuando aparecen específicamente consideradas, que ocurre en el menor número de ocasiones, se incluyen referencias al área de Urbanística y Ordenación del Territorio (Granada, La Rioja) y de Tecnologías del Medio Ambiente (La Rioja).

Entre las afinidades por titulaciones definidas explícitamente, lo común es también la consideración de titulaciones de Geografía, Geografía e Historia y Filosofía y Letras, no considerándose las tres en todos los casos. Las otras titulaciones consideradas explícitamente suelen hacer referencia a las Ciencias Ambientales, las Humanidades, la Historia y la Historia del Arte, el Turismo o diversas Ciencias Sociales, como la Antropología o, en el caso de Málaga, los Estudios de Asia Oriental. Esta universidad también incluye la titulación de Arquitectura. No obstante, sobresale el caso de la Universidad de Cádiz, que en uno de los concursos analizados considera como única titulación preferente la de Geografía e Historia, y en el otro, la de Ciencias del Mar.

Finalmente, aunque son numerosos los casos en los que se evalúa la adecuación de los/as candidato/as a partir de una valoración cualitativa, fundamentada en una entrevista, valoración global del perfil investigador/docente o presentación de un proyecto docente e investigador, son también numerosas las universidades en las que estos aspectos se valoran únicamente de manera opcional. En la mayor parte de los casos, el peso de estas variables no es muy significativo e incluso se interpretan únicamente como un instrumento de apoyo, más que como un elemento clave de decisión en la contratación. Allí donde tiene más peso definido, suele suponer un 20-30% de la valoración global adjudicada: Autónoma de Barcelona, Castilla-La Mancha, Jaén, Islas Baleares y País Vasco (Tabla 6).

Con todo, son varios los casos en los que resulta difícil, a partir de los criterios dados, promover la contratación de profesorado con un perfil formativo e, incluso, docente e investigador específico. Entre los casos más extremos, las universidades de Burgos y la Pompeu Fabra no consideran ningún aspecto de los aquí analizados en el proceso de contratación del futuro profesorado de geografía.

Tabla 6. Criterios de selección de Profesorado Ayudante Doctor en cada universidad española, según la consideración o no de afinidades, la valoración consignada a la titulación de grado, la valoración del perfil docente e investigador del/la candidato/a y la valoración del proyecto docente e investigador del/la candidato/a

	Afinidades definidas	Titulación de grado	Perfil docente e investigador	Proyecto docente e investigador
UNED	Para titulaciones	Sí (10%*)	10%	-
Universidad de La Rioja	Para titulaciones y áreas de conocimiento	Sí (10-12%)	-	-
U. Autónoma de Barcelona	-	.	-	Exposición de CV y tema de trabajo (23%)
U. Autónoma de Madrid	-	Sí (0-30%)		
U. Carlos III de Madrid	-	Sí (3%)	Entrevista opcional (9%)	-
U. Complutense de Madrid	-	-	Entrevista (14%)	-
U. de Alcalá	-	Otros méritos (0-25%)	-	-
U. de Alicante	-	Sí (15%) Requisito	-	-
U. de Almería	Para titulaciones	Sí (14%) Mérito preferente	Entrevista opcional	-
U. de Barcelona	-	-	Entrevista	Relato de la contribución docente/investigadora
U. de Burgos	-	-	-	-
U. de Cádiz	Para titulaciones	Sí (21%)	-	-
U. de Cantabria	-	Sí (10-30%)	Entrevista	-
U. de Castilla-La Mancha	-	Sí (5%)	Grado de adecuación (30%)	-
U. de Córdoba	-	Sí (12%) Requisito	Afinidad al departamento (15% adicional)	-
U. de Extremadura	-	Sí (8%) Requisito	Informe de adecuación del departamento (5%)	-
U. de Girona	-	-	-	Exposición de CV y tema de trabajo Relato del interés docente/investigador
U. de Granada	Para titulaciones y áreas de conocimiento	Sí (13%)	-	-
U. de Huelva	-	Sí (3%)	-	-
U. de Jaén	Para titulaciones	Sí (8,5) Afinidad sobre todo el baremo	-	Exposición de proyecto docente y tema de trabajo (33%)
U. de La Laguna	Para áreas de conocimiento	Sí (5%)	-	Exposición de CV y programa docente (4,5%)
U. de Las Palmas de GC	Para titulaciones y áreas de conocimiento	Sí (5%) Requisito	-	Exposición de proyecto docente y tema de trabajo (2,5%)
U. de León	Para titulaciones	Sí (15%)	Entrevista (5%)	-
U. de Lleida	-	-	-	Exposición de proyecto docente e investigador (15-20%)
U. de Málaga	Para titulaciones y áreas de conocimiento	Sí (10,5%)	-	-
U. de Murcia	-	Sí (11%)	-	-
U. de Navarra	-	-	Adecuación al ideario de la universidad	-
U. de Oviedo	-	Sí (0-25%)	-	-
U. de Salamanca	-	Sí (15%)	Valoración de perfil (6,5%) Vinculación con la universidad (6,5%) Entrevista opcional	-
U. de Santiago de Compostela	-	Sí (10%)	-	Exposición de proyecto docente (17%)
U. de Sevilla	-	Sí (6,5%)	-	-

U. de Valencia	-	Sí (23%) Requisito	Entrevista opcional	-
U. de Valladolid	-	Otros méritos (1,5%)	-	-
U. de Vigo	-	Sí (7,5%)	-	Proyecto docente (10%)
U. de Zaragoza	-	Sí (7%)	Entrevista opcional	Exposición sobre programa docente opcional
U. del País Vasco	Para áreas de conocimiento	Sí (3%)	Informe de adecuación del departamento	Exposición sobre programa docente e investigador (27%)
U. Pablo de Olavide	-	Sí (0-20%)	Entrevista opcional	Programa docente opcional
U. Pública de Navarra	-	Sí (10%)	Entrevista opcional	Proyecto docente e investigador (12%)
U. Rey Juan Carlos	-	Sí (0-30%)	-	-
U. da Coruña	Para áreas de conocimiento	Sí (15%)	-	-
U. de las Illes Balears	Para titulaciones	Sí (0-10%)	Entrevista (25%)	-
U. Jaume I	Para titulaciones y formación predoctoral	Sí (0-10%)	-	-
U. Pompeu Fabra	-	-	-	-
U. Rovira I Virgili	-	-	Entrevista	-

*Los porcentajes hacen referencia al posible peso que ese criterio puede adquirir respecto al total del baremo analizado. Ej. un porcentaje del 10% indicaría que ese criterio puede representar hasta el 10% de la calificación final obtenida.

CAT: Catedrático/a de Universidad; TIT: Profesor/a Titular de Universidad; PCD: Profesor/a Contratado/a Doctor/a; PAD: Profesor/a Ayudante Doctor; INT: Profesor/a Interino/a; VIS: Profesor/a Visitante; ASO: Profesor/a Asociado/a.

Elaboración propia

4. Discusión

El análisis realizado revela cómo el perfil formativo del profesorado universitario de geografía en España se encuentra en plena transformación, con una creciente tendencia a la incorporación de profesorado formado, tanto a nivel de doctorado como, sobre todo, de grado, en disciplinas diferentes a la geografía. Una tendencia que es también paralela a la creciente movilidad nacional del profesorado entre universidades. Es decir, a la contratación de profesorado en universidades diferentes a aquellas en las que se ha formado. En este sentido, nos encontramos ante un sistema universitario dinámico, en constante cambio, si bien aún bastante limitado en varias cuestiones, como la asimilación de doctores/as procedentes en instituciones extranjeras.

La incorporación de profesorado con un perfil formativo interdisciplinar es una tendencia en ascenso que, a juzgar por el análisis realizado según la categoría de profesorado, ha cobrado especial notoriedad en los últimos años. No obstante, no es una tendencia nueva o inexistente con anterioridad, tal y como revela la presencia de profesorado con tales perfiles formativos de carácter interdisciplinar en lo alto de la jerarquía universitaria (Profesores/as Titulares, Catedráticos/as), las consideraciones realizadas por Capel (2003) y la información recogida en varios de los directorios a escala mundial realizados en las décadas pasadas (Ehlers, 1988; Meynen, 1974). Estos ya recogían para algunas universidades y, en especial, para el caso de la Universidad Autónoma de Barcelona, la existencia de profesorado con un perfil formativo diferente al tradicional en geografía.

Se trata de una tendencia ya estudiada para otros sistemas universitarios, como el estadounidense, el británico, el alemán y el chino. En algunas de sus universidades, Leng et al. (2017) revelaron como la proporción de profesorado con un perfil formativo en Geografía respecto al profesorado con un perfil formativo en otras disciplinas era de 1:1 o de 2:1, con el caso excepcional de la Universidad de California Santa Barbara, en la que 18 de los 23 profesores evaluados poseían un perfil formativo diferente a la Geografía. Sus disciplinas de formación son mayoritariamente técnicas y vinculadas a las ciencias de la tierra, similares a los perfiles formativos interdisciplinares analizados en España para aquel profesorado adscrito al área de geografía física. En las otras áreas de conocimiento, junto al perfil en disciplinas más técnicas, se han empezado a incorporar, también en España, perfiles procedentes de las ciencias sociales, incluyendo casos a priori poco conectados con la geografía, como puede ser el derecho o las ciencias políticas.

En España, no ha habido un posicionamiento único respecto a esa transformación del perfil de profesorado de geografía. Capel (2003) ya contraponía en su momento una actitud de rechazo al cambio por el riesgo de desnaturalización de la disciplina, frente a otra actitud proclive a la integración, defendiendo el enriquecimiento que otras disciplinas podrían aportar a la geografía. Nuestro análisis parece corroborar tal diagnóstico,

con departamentos y universidades que muestran un claro patrón formativo tradicional y homogéneo, muy coherente con la propia disciplina, frente a otros casos en los que se ha abierto ampliamente la puerta a nuevos perfiles formativos, que llegan a suponer una cuota importante, e incluso mayoritaria, del profesorado más novel. En las siguientes líneas, se discuten las posibles causas que explican tal diversidad de situaciones y las implicaciones que esta tendencia puede tener para la articulación del futuro proyecto político e intelectual de la geografía en España.

4.1. Las causas que explican el distinto grado de apertura disciplinar del perfil formativo del profesorado de geografía en España

La ausencia de aportaciones y debates teóricos sobre la disciplina geográfica en España (García-Álvarez, 2024), así como la amplia diversidad de situaciones según la universidad considerada, parecen revelar que el documentado proceso de apertura disciplinar no se sustenta sobre una voluntad común y compartida o sobre un proyecto estratégico, político e intelectual definido. Al contrario, parece entreverse un proceso de renovación del profesorado universitario de geografía que obedece a razones puntuales, de adaptación a los cambios del sistema académico e investigador vigente, así como a intereses específicos, en una táctica que, de manera general, ya apuntaba Maurín Álvarez (2014) al hablar de una silenciosa estrategia de adaptación de la geografía a las necesidades de la sociedad contemporánea, en ausencia de una estrategia articulada e intencionada y de profundos debates epistemológicos.

Ante la caída de alumnado en las titulaciones de grado en Geografía, los departamentos de geografía han incrementado su docencia y protagonismo en otras titulaciones, como Turismo o Ciencias Ambientales, lo que ha permitido una mayor captación de estudiantes de doctorado desde las mismas (Burriel, 2004). En este sentido, Valenzuela Rubio (2004) ya apuntaba a inicios de siglo una paradójica tendencia de incremento de los estudiantes inscritos en programas de doctorado de Geografía a la par que disminuían los estudiantes de la licenciatura. Aplicable también actualmente al caso de las enseñanzas de máster, permite explicar en parte esa creciente captación en la geografía española de perfiles formativos diferentes al tradicional, consecuencia de una natural táctica de adaptación a las necesidades del mercado de estudiantes. De ahí que el perfil formativo de grado del profesorado de geografía sea significativamente mucho más multidisciplinar que el de doctorado, cuando ese proceso de captación y asimilación ya se ha realizado. Nuestros resultados revelan cómo, a nivel de grado, los perfiles formativos no tradicionales de profesorado de geografía se corresponden mayoritariamente con aquellas titulaciones en las que participan los departamentos de geografía: Ciencias Ambientales, Historia y Humanidades o Turismo. Son titulaciones con un número de egresados habitualmente muy superior a los titulados en Geografía y que, por tanto, cuentan con mayores posibilidades estadísticas de generar carreras investigadoras y de formación doctoral para cada cohorte de titulados.

La precariedad de las condiciones laborales de contratación del profesorado universitario puede haber favorecido también este proceso, si bien no existen evidencias claras que ratifiquen tal punto. Las condiciones laborales poco alentadoras ofertadas por el sistema universitario español han lastrado la competitividad de muchos de los concursos selectivos, forzando a las comisiones de evaluación a ampliar el rango de candidato/as elegibles, favoreciendo la asimilación de perfiles formativos diferentes a los tradicionales, que son además habitualmente más numerosos por lo indicado anteriormente en relación con el escaso número de estudiantes egresados en Geografía. En este sentido, los resultados de nuestro análisis revelan cómo la incorporación de profesorado con formación distinta a la de Geografía, es especialmente común en los puestos de profesorado más precario, como es el caso de los/as profesores/as interino/as.

La asimilación de perfiles formativos diversos y diferentes al tradicional en Geografía obedece también a una continua estrategia de colaboración en investigación entre geógrafos/as y representantes de otras disciplinas, que conecta con el común camino hacia la interdisciplinariedad promovido en el sistema universitario español y global. Un camino que Monmonier ya veía como inevitable en los años 80 (Buzai, 2001) y, que en general, se valora como un aspecto positivo y necesario (Esparcia Pérez & Sánchez Aguilera, 2012), especialmente por cuanto conecta también con el carácter interdisciplinar que habitualmente se asocia a los perfiles profesionales de geógrafo/as que trabajan fuera del ámbito académico (Natera Rivas, 2022). Se trata además de un camino en el que la geografía ha adquirido especial ventaja, por su tradicional cercanía a muchos campos del saber, y especialmente tras el giro espacial y territorial experimentado por muchas ciencias sociales (Gómez Mendoza, 2013a).

En tal contexto, el profesorado universitario de geografía en España se ha ido insertando en las últimas décadas en grupos y proyectos interdisciplinares. También ha sido habitual la incorporación de investigadores

con perfiles formativos no geográficos en grupos y proyectos de investigación en geografía, especialmente desde las ingenierías, la arquitectura, la sociología, la economía o la antropología (Esparcia, 2013). Este proceso ha incentivado la asimilación de estos perfiles formativos en ciertos departamentos de geografía a través de contratos posdoctorales competitivos, como los Juan de la Cierva, Ramón y Cajal u otros programas europeos e internacionales, que suelen llevar asociada una estabilización de tal personal como docente. Un análisis similar al aquí realizado, incluyendo al personal postdoctoral, podría ser de notable interés para comprender la posible evolución futura del perfil del profesorado en geografía.

Muchos grupos de geógrafos/as han encontrado a menudo en su investigación mayor conexión con profesionales de otras disciplinas que con compañeros/as geógrafo/as. Una tendencia que Thomas (2022) considera como generalizada a nivel internacional y que se hace especialmente evidente a través de la creciente separación que existe entre geógrafos físicos y humanos, constituidos como comunidades intelectuales cada vez más independientes, con diferentes estrategias de investigación y publicación (Castree et al., 2005; Cresswell, 2013).

Lo anterior conecta con la diferente caracterización del perfil formativo interdisciplinar que hemos observado según áreas de conocimiento. En geografía física predominan aquellos perfiles más próximos a las ciencias naturales y de la tierra, mientras que en geografía humana se han incorporado perfiles más variados, aunque siempre más próximos a las ciencias sociales, al igual que en el caso de análisis geográfico regional. No obstante, resulta también interesante valorar en ese contexto que, mientras la geografía humana ha mostrado una mayor apertura a la integración de perfiles multidisciplinares, la geografía física es el área que muestra una menor apertura disciplinar, lo cual de nuevo permite intuir diferentes estrategias e intereses en cada caso. De esta manera, los geógrafos físicos parecen haberse mostrado más recelosos a compartir y competir en su espacio con profesionales de otras disciplinas.

Aunque para el caso alemán analizado por Leng et al. (2017) el requisito de un título de doctor en Geografía es la causa fundamental que explica la coherencia del perfil formativo de su profesorado de geografía frente a otros países, en nuestro análisis, que incluye los concursos de selección de los últimos años en España, hasta septiembre de 2023, no hemos encontrado ninguna correlación entre los criterios de contratación del profesorado universitario de geografía para el caso de la figura de Profesor/a Ayudante Doctor/a y el diferente patrón formativo y apertura disciplinar detectada en las diferentes universidades españolas. Estas conclusiones han estado probablemente afectadas por las limitaciones de nuestro estudio, que ha tomado como referencia los criterios de valoración de las últimas convocatorias publicadas y, por tanto, no ha tenido en cuenta la posible evolución que estos han experimentado. No obstante, los criterios evaluados revelan cómo, en algunos casos, el perfil formativo de grado y de doctorado de los/as candidato/as es condicionante para su posible contratación, frente a otros casos en los que no se otorga ningún peso a tales criterios de carácter formativo, evaluando únicamente el perfil docente e investigador de los/as candidato/as. La aplicación efectiva de tales criterios tendrá, por tanto, una consecuencia fundamental en el futuro perfil formativo del profesorado que integrará los departamentos de geografía de esas universidades.

4.2. Implicaciones asociadas a la evolución del perfil formativo del profesorado de geografía en España

El proceso constatado de apertura disciplinar de la geografía española, con la constante y creciente incorporación de profesorado formado en otras disciplinas, está destinado a incrementarse en el futuro por varias razones. En primer lugar, el número de estudiantes y egresados en titulaciones de Geografía es cada vez menor, tendencia que la posible desaparición o fusión de algunos de los planes de estudio en Geografía actualmente vigentes debería necesariamente revertir (Olcina Cantos et al., 2022). Por otro lado, el número de planes de estudio de carácter interdisciplinar, así como el número de estudiantes matriculados en los mismos, muestra un constante progreso que, sin duda, afectará a los futuros investigadores en geografía. Al mismo tiempo, es de esperar que el amplio contingente de profesorado novel recientemente contratado en departamentos de geografía, con perfiles formativos interdisciplinares, promueva una mayor apertura de la disciplina, justificando así su papel dentro de la misma. A esto se suma una irrenunciable apuesta hacia la interdisciplinariedad del sistema científico español y global, que se hará cada vez más patente en los próximos años.

Lo anterior plantea importantes interrogantes sobre el futuro proyecto político e intelectual de la geografía en España. En ausencia de un debate epistemológico que sustente tales proyectos, resulta difícil entrever cuál podrá ser el futuro de la disciplina en nuestro país y las consecuencias que tal proceso de apertura disciplinar puede tener sobre la misma y su unidad. En última instancia, se trata de comprender hasta qué

punto la apertura disciplinar de la Geografía en España, a partir de la incorporación de profesorado con diferentes perfiles formativos, puede compatibilizarse con la consideración de la geografía como disciplina independiente, capaz de producir conocimiento y generar profesionales con competencias diferentes a las adquiridas a través del estudio de otras disciplinas.

Numerosas son las aportaciones que históricamente han reflexionado y debatido el mantra de la unidad de la geografía (Farinós i Dasi, 2001; Johnston & Sidaway, 2016). Un ideal difícil de alcanzar, que parece aún más lejano en un contexto de transformación del profesorado de geografía hacia perfiles interdisciplinares, de intereses contrastados, y que no participan de un debate epistemológico común. Tal y como plantean Johnston & Sidaway (2016), son necesarias aportaciones clave que definan el fundamento de la disciplina y le proporcionen la coherencia de la que carece actualmente (Sherman et al., 2005). Sin que estas existan, y sin un ecosistema investigador y universitario que propicie su aparición, es probable que la geografía tienda a la disgregación en un amplio abanico de comunidades independientes, con amplias diferencias según universidades y grupos de investigación, de acuerdo con las diferentes direcciones de especialización que se hayan incentivado en cada caso.

Esa tendencia a la especialización tendrá también un claro impacto en el plano docente, como ya se ha revelado a nivel internacional. Whalley et al. (2011) apuntan a un creciente distanciamiento entre investigación, muy específica, y docencia en geografía, más generalista. Un conflicto que estudiantes de Geografía de los Países Bajos ya han detectado y señalado como un importante lastre (Fortuijn et al., 2020) y que plantea un interesante debate sobre la sostenibilidad de los estudios generalistas de Geografía a futuro. En países como Gran Bretaña, Irlanda u Holanda se ha optado por estudios de Geografía especializados, más competitivos en el mapa global de titulaciones universitarias (ANECA, 2004). Para el caso español, en las últimas décadas se ha comprobado una exitosa promoción de enseñanzas de carácter puramente instrumental, especialmente a nivel de posgrado (Valenzuela Rubio, 2004). En este sentido, según la especialización y orientación subdisciplinar de cada universidad y departamento, se puede dar lugar en España a un nuevo mapa de titulaciones geográficas complementarias que, sin embargo, carezcan de un claro eje vertebrador.

En general, todo esto se enmarca en una nueva conceptualización de la geografía como un conjunto de subdisciplinas con objetivos y métodos diferenciados, que quedan únicamente unidas a título administrativo; una tendencia que ya ha sido apuntada en varios trabajos, tanto a nivel nacional como internacional (Cresswell, 2013; Liu et al., 2022; Méndez, 2008). En este sentido, varios autores han venido alertando desde principios de siglo de la conformación en España de nuevas subdisciplinas de considerable peso, como una neogeografía fundamentada en las técnicas geográficas, también a menudo referida como una ciencia de la información geográfica (Chuvieco Salinero et al., 2005; Gómez Mendoza, 2013a), o una disciplina de carácter ambiental (Capel, 2005).

La experiencia de otros países ratifica tal dirección. El ejemplo anteriormente apuntado de Harvard, donde el Departamento de Geografía desapareció, emergiendo actualmente una unidad interdisciplinar de Análisis Geográfico, centrada en las TIG, es un caso paradigmático (Cresswell, 2013). Sin embargo, no es el único. En los Países Bajos los geógrafos habitualmente se dividen en dos campos independientes con adscripciones diferentes: la geografía física y la geografía socio-económica (Bański, 2013). En Reino Unido, se ha documentado una creciente adscripción de la geografía a otros departamentos, junto a otras ciencias, lo que ha contribuido a diluir su peso, independencia e identidad (Bański, 2013). También se ha observado la transferencia de investigación en geografía física a unidades de otras disciplinas científicas (Thomas, 2022).

Lo anterior puede, en última instancia, amenazar la existencia de la propia disciplina. Capel (2003) fiaba la continuidad de la geografía a un acuerdo sobre el núcleo conceptual de la misma, que no parece existir actualmente. Por su parte, Sherman et al. (2005) señalan que cada disciplina tiene que tener un propósito fundamental que le distinga del resto y que justifique su importancia. Sin tal acuerdo, es probable que se incrementen tendencias ya documentadas, como el rechazo al término geografía y sus derivados (Gibson, 2007; Valenzuela Rubio, 2004), o la promoción de carreras investigadoras que resulta difícil adscribir al ámbito de los estudios geográficos (Méndez, 2008).

4.3. La necesidad de definir un proyecto político e intelectual futuro de la geografía en España

Definir un proyecto político e intelectual de futuro para la geografía en España supone, en primer lugar, abrir un campo para el debate y reflexión epistemológica, actualmente inexistente (García-Álvarez, 2024) que, sin

embargo, tal y como planteaba Olcina Cantos (1996), debe ser una apuesta irrenunciable. En este sentido, frente a otros campos de conocimiento incipientes, con una red menos afianzada y una menor fortaleza epistemológica, como las ciencias ambientales (Bocco, 2010) o la urbanística y ordenación del territorio (Soria-Lara et al., 2021), es necesario reivindicar la tradición y solidez de la geografía como disciplina consolidada, que cuenta con numerosas aportaciones teóricas y un conjunto de asociaciones, grupos y redes bien articulados. Cuenta así con las bases idóneas para construir esa reflexión y proyecto de futuro.

Frente a las actitudes de rechazo y defensa de la integridad disciplinar señaladas por Capel (2003), es necesario que el debate anterior se realice a partir de un diagnóstico certero y realista. Tal y como revelan los resultados de este estudio, la transformación del perfil formativo del profesorado geógrafo ya ha ocurrido y sólo puede acrecentarse en el futuro. Además, pese a la posible visión de la interdisciplinariedad como una amenaza y elemento de preocupación (Houghton & Houghton, 2016), resulta necesario admitir la transformación y evolución del sistema universitario e investigador, que conduce a abrazar la interdisciplinariedad como el único camino a seguir. En este sentido, cabe asumir que la geografía y los/as geógrafos/as actuales tienen poco en común con la geografía y geógrafos/as de hace unas décadas (Johnston & Sidaway, 2016), por lo que no cabe realizar ninguna reflexión en el contexto de un sistema disciplinar del siglo XIX, escasamente flexible y hoy en día desfasado (de Lázaro Torres & González González, 2013). Tal y como señala Unwin (1992), “la expresión concreta de la geografía en cualquier lugar o época es un reflejo de la sociedad en la que se inscribe”.

Asumir tal realidad supone, en primer lugar, reconocer que la imposición de un único paradigma intelectual es hoy más difícil que ayer. Las disciplinas ya no quedan definidas a partir del discurso de unos pocos, sino que son un lugar común de múltiples actores, con intereses y estrategias ampliamente variadas (Johnston & Sidaway, 2016). En los próximos años, es difícil creer que existirá un paradigma dominante en la geografía (Johnston & Sidaway, 2016). Sin embargo, al menos para el caso español, organismos como la Asociación Española de Geografía sí ejercen un papel vertebrador clave que puede facilitar espacios de consenso y un diagnóstico compartido, aunque no sea unánime, que evite la excesiva disgregación de la geografía en múltiples comunidades de intereses diferenciados e, incluso, contrapuestos, que acabe por conducir a la propia autodestrucción de la disciplina. De este modo, más que buscar la imposición de un paradigma intelectual dominante y único, se debería promover el desarrollo de un proyecto compartido, con objetivos comunes, que de coherencia a la diversidad de comunidades de geógrafos/as que hoy integran la geografía y que permita distinguir y justificar su importancia y existencia en el conjunto de ámbitos de conocimiento, tal y como planteaban Sherman et al., (2005).

En tal lugar común será necesario definir el rol y papel del profesorado de geografía del futuro y, en relación con ello, el tipo de enseñanzas geográficas que se quiere promocionar. Un profesorado interdisciplinar y especializado puede conducir a un mapa de titulaciones especializadas, que actúen como elemento diferenciador de cada universidad a nivel local y que hagan más competitivas las enseñanzas geográficas en un contexto liberal de lucha por la atracción de alumnado y recursos. Sin embargo, tal especialización es contraria a la propia meta interdisciplinar hacia la que camina el sistema social e investigador del futuro. Además, puede llevar al solapamiento y competición de los estudios geográficos con los propios de otras disciplinas, que se encuentran habitualmente mejor acotadas y reconocidas que la propia geografía (Bocco, 2010). De esta manera, este camino puede llevar a la disolución de la geografía y los/as geógrafos/as con aquellas disciplinas con las que se solapan sus investigaciones y docencia.

Al contrario, el mantenimiento de una enseñanza de carácter más generalista, que ahonde en la tradición de la disciplina y evite su desmembramiento, requiere de docentes e investigadores con un bagaje y formación completa, holística y diversa, que tengan capacidad de poseer una visión amplia de las materias que van a impartir. Se trata de una enseñanza que, aunque quizás resulte poco atractiva a priori, conecta perfectamente con las necesidades del mundo contemporáneo y con la transición del sistema universitario e investigador hacia la interdisciplinariedad y la promoción de enseñanzas transversales, que fomenten una comprensión global y multidimensional de la realidad social.

En tal contexto, la asimilación de perfiles formativos interdisciplinares ha de ir asociada a una adecuada formación disciplinar y a la evaluación de proyectos docentes e investigadores que, tal y como reclamaba Capel (2003), reflejen una visión coherente y generalista de la disciplina. Actualmente, el análisis realizado refleja cómo en los concursos para profesorado, este tipo de aspectos tienen poco o ningún peso en los baremos, lo que limita ampliamente la conformación de cuerpos de profesorado que compartan un proyecto investigador y docente sinérgico. De esta forma, se trataría de incorporar perfiles interdisciplinares que sean útiles

para la disciplina y que definan un proyecto personal vinculado a la misma, más que la atracción de perfiles independientes, movidos por lógicas individualistas, que contribuyan a disgregar la geografía y a borrar su entidad como disciplina científica. El nuevo contexto legal, con la aprobación de la nueva Ley del Sistema Universitario (LOSU), puede entenderse como una adecuada oportunidad para promover este cambio en la forma de contratar al nuevo profesorado de geografía.

5. Conclusiones

Este estudio ha constatado el proceso de transformación del profesorado de geografía en España, cada vez integrado por un mayor número de personas con bagajes formativos diferentes al tradicional en geografía. Aunque es difícil determinar con total certidumbre cuáles son los factores que explican tal cambio, nuestra discusión apunta a varias causas. En primer lugar, la progresiva colaboración en investigación entre geógrafos/as y especialistas de otras disciplinas, en el contexto de un sistema universitario que fomenta la interdisciplinariedad e interrelación entre miembros de distintas disciplinas. En segundo lugar, el creciente papel de los departamentos de geografía en la docencia de grados diferentes al propio en Geografía, que facilitan la conexión de sus estudiantes con las carreras investigadoras en geografía, especialmente en un contexto de reducción del número de estudiantes matriculados en Geografía. Finalmente, causas de diverso carácter, como las relacionadas con la precarización de las condiciones laborales del profesorado universitario.

El proceso anterior tiene consecuencias en la construcción de un proyecto investigador y docente de la geografía española, especialmente ante el actual contexto de falta de debate epistemológico y definición de un núcleo común de la disciplina en España. De este modo, es patente la diferenciación de la investigación geográfica en subdisciplinas cada vez más autónomas e independientes. De igual forma, se percibe una tendencia hacia la especialización docente, especialmente en cursos de posgrado y doctorado, que tiende a distanciarse de las enseñanzas generalistas y holísticas en Geografía.

A futuro, los procesos apuntados suponen un importante reto para la Geografía. De este modo, la progresiva apertura disciplinar de la geografía española ahonda en el tradicional problema de su falta de unidad, favoreciendo la consolidación de subdisciplinas cada vez más independientes y cercanas a otros ámbitos de conocimiento, que pueden acabar por poner en cuestión la necesidad de la Geografía como disciplina independiente. Por otro lado, puede promover una transformación de las enseñanzas geográficas hacia modelos especializados y lejanos al eje vertebrador común que hasta el momento han tenido los planes de estudio diseñados por los departamentos de geografía en España, permitiendo la sustitución de profesorado geógrafo por un conjunto de profesorado especialista en diferentes campos de conocimiento y adscritos a otras disciplinas universitarias.

La apuesta por una disciplina homogénea y altamente cohesionada, contratando únicamente a aquellos perfiles con una formación propiamente geográfica, aunque posible a través de la imposición de requisitos de contratación específicos, puede ser poco realista en un sistema científico interdisciplinar, en el que las carreras académicas y científicas no se ciñen a límites disciplinares precisos y bien definidos. Entre otros, es creciente el número de graduados/as en titulaciones interdisciplinares, como Ciencias Ambientales. Por ello, la autoría de este artículo cree que el camino a futuro pasa por poner el énfasis en la formación y desarrollo profesional del nuevo profesorado de geografía, al que cabría requerir la elaboración de un proyecto docente e investigador coherente con la disciplina, que le permita definir su lugar dentro de esta.

La consecución de lo anterior solo será evaluable a futuro, en tanto nos encontramos ante un proceso dinámico y vivo que irá evolucionando en los próximos años. En este sentido, cabe seguir actualizando la base de datos creada en este trabajo, para comprender la futura evolución del perfil disciplinar del profesorado de Geografía en España, así como acometer análisis complementarios que permitan determinar, con precisión, las implicaciones que tal evolución está teniendo en la investigación y docencia de la geografía española. Del mismo modo, sería interesante replicar análisis similares al realizado aquí para el caso de otras disciplinas relacionadas con la geografía, comprobando si titulados en Geografía han podido desarrollar carreras docentes en otras disciplinas universitarias.

Agradecimientos

Los autores agradecen a toda/os las/os compañeras/os que han prestado su ayuda para completar la información recogida en el directorio de profesorado geógrafo que se ha creado como parte de este estudio.

Referencias

- Abler, R. (1992). *World directory of geography*. Unión Geográfica Internacional.
- ANECA. (2004). *Libro Blanco del Título de Grado en Geografía y Ordenación del Territorio*.
- Bański, J. (2013). Geography in the organizational structure of academic institutions - selected issues. *European Journal of Geography*, 4(2), 55-72. http://www.eurogeographyjournal.eu/articles/Banski_Eurogeo_FINAL.pdf
- Bocco, G. (2010). Geografía y Ciencias ambientales: ¿campos disciplinarios conexos o redundancia epistémica?*. *Investigación ambiental*, 2(2), 25-31. <https://www.doaj.org>
- Boletín Oficial del Estado. (2007). *Real Decreto 1312/2007, de 5 de octubre, por el que se establece la acreditación nacional para el acceso a los cuerpos docentes universitarios*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-17492&p=20231122&tn=6>
- Boletín Oficial del Estado. (2023). *Ley Orgánica 2/2023, de 22 de marzo, del Sistema Universitario*. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2023/03/22/2/con>
- Buang, A. (2011). Human geography in higher education in Malaysia: Issues and challenges. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 32(2), 155-167. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2011.00432.x>
- Burriel, E. L. (2004). La licenciatura de Geografía en la Universidad Española actual. In Comité Español de la Unión Geográfica Internacional (Ed.), *La Geografía española ante los retos de la sociedad actual* (pp. 19-46). Comité Español de la Unión Geográfica Internacional.
- Buzai D., G. D. (2001). Geografía global el paradigma geotecnológico y el espacio interdisciplinario en la interpretación del mundo del siglo XXI. *Estudios Geográficos*, 245, 621-648. <https://doi.org/10.3989/egeogr.2001.i245.269>
- Capel, H. (2003). Quo vadis Geographia? La geografía española y los concursos para la habilitación del profesorado universitario. *Biblio 3w. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, VIII(469). <http://www.ub.es/geocrit/b3w-469.htm>
- Capel, H. (2005). Las TIG en los concursos de habilitación para profesores titulares de geografía humana. *Biblio 3w. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales y Ciencias Sociales*, X(620). <http://www.ub.es/geocrit/b3w-620.htm>
- Castree, N., Rogers, A., & Sherman, D. (Eds.). (2005). *Questioning Geography: Fundamental Debates*. Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9272.2007.00597.x>
- Chuvieco Salinero, E., Pons, X., Conesa García, C., Santos Preciado, J., Bosque Sendra, J., Gutiérrez Puebla, J., Riva Fernández, J., Salado García, M., Ojeda Zújar, J., Martín, M., & Prados Velasco, M. (2005). ¿Son las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) parte del núcleo de la Geografía? *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 40, 35-56.
- Comité Español de la UGI (Ed.). (2002). *La geografía española actual. Estado de la cuestión: aportación española al congreso de la UGI*. Comité Español de la Unión Geográfica Internacional.
- Comité Español de la UGI. (2004). *La Geografía española ante los retos de la sociedad actual. Aportación española al XXX Congreso de la UGI*. Comité Español de la UGI.
- Cresswell, T. (2013). *Geographic Thought: A Critical Introduction*. Willey-Blackwell.
- Cupples, J. (2020). No sense of place: Geoscientisation and the epistemic erasure of geography. *New Zealand Geographer*, 76(1), 3-13. <https://doi.org/10.1111/nzg.12231>
- de Lázaro Torres, M. L., & González González, M. J. (2013). La geografía española a través de las tesis doctorales leídas entre los años 1990 y 2012: líneas y temas. In T. Lasanta & J. Martín Vide (Eds.), *La investigación geográfica en España (1990-2012)* (pp. 59-86). Asociación de Geógrafos Españoles, Instituto Pirenaico de Ecología.
- Ehlers, E. (1988). *Orbis geographicus 1988/92. World directory of geography*. Unión Geográfica Internacional. <https://books.google.gr/books?id=t5u3zQEACAAJ>

- Esparcia, J. (2013). La investigación en Geografía en los planes nacionales: Elemento de consolidación de la disciplina. En T. Lasanta & J. Martín Vide (Eds.), *La Investigación Geográfica En España (1990-2012)* (pp. 87-118). Asociación de Geógrafos Españoles, Instituto Pirenaico de Ecología.
- Esparcia Pérez, J., & Sánchez Aguilera, D. (2012). De la teoría a la práctica. El proceso de diseño e implantación de los grados de geografía en las Universidades Españolas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Espanoles*, 58, 405-428. <https://doi.org/10.21138/bage.2073>
- Farinós i Dasi, J. (2001). Reformulación de la necesidad de una nueva geografía regional flexible. *Boletín de la AGE*, 32, 53-71.
- Fortuijn, J. D., Kovács, Z., Le Blanc, A., O'Reilly, G., Paul, L., & Pejdo, A. (2020). The challenges for geography in higher education in European universities. *J-Reading*, 1, 49-60. <https://doi.org/10.4458/3099-05>
- García-Álvarez, D. (2024). El papel de la reflexión epistemológica en la Geografía española actual. ¿Cuál será el pensamiento geográfico del mañana? *Investigaciones Geográficas*, (82), 9-24. <https://doi.org/10.14198/INGEO.26309>
- Gibson, C. (2007). Geography in higher education in Australia. *Journal of Geography in Higher Education*, 31(1), 97-119. <https://doi.org/10.1080/03098260601033050>
- Gómez Mendoza, J. (2013a). La evolución de la investigación en la geografía española durante los últimos decenios. In T. Lasanta & J. Martín Vide (Eds.), *La Investigación Geográfica en España (1990-2012)* (pp. 21-42). Asociación de Geógrafos Españoles, Instituto Pirenaico de Ecología.
- Gómez Mendoza, J. (2013b). La geografía y la evaluación científica. *Breves contribuciones del Instituto de Estudios Geográficos*, 24, 34-59.
- Hall, T., Toms, P., Mcguinness, M., Parker, C., & Roberts, N. (2015). Where's the geography department? The changing administrative place of Geography in UK higher education. *Area*, 47(1), 56-64. <https://doi.org/10.1111/area.12154>
- Houghton, F., & Houghton, S. (2016). Exploring the judgements of powerful outsiders on the discipline of geography in Ireland. *Irish Geography*, 49(2), 71-102. <https://doi.org/10.2014/igj.v49i2.1235>
- Johnston, R. (2005). Geography - Coming Apart at the Seams? In N. Castree, A. Rogers, & D. Sherman (Eds.), *Questioning Geography: Fundamental Debates* (pp. 9-25). Blackwell Publishing.
- Johnston, R., & Sidaway, J. (2016). *Geography and geographers: Anglo-American human geography since 1945*. Routledge. [https://doi.org/10.1016/0305-7488\(82\)90275-4](https://doi.org/10.1016/0305-7488(82)90275-4)
- Lasanta, T., & Martín Vide, J. (2013). *La Investigación Geográfica En España (1990-2012)*. Asociación de Geógrafos Españoles.
- Leng, S., Zhang, W., He, S., He, C., Xue, D., Yuan, L., & Tang, Q. (2017). General Trends in the Geographical Sciences. From the Classics To the Frontiers. In *The Geographical Sciences During 1986—2015* (pp. 3-15). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1884-8_1
- Liu, W., Cheng, H., & Han, X. (2022). Rebuilding Geography for the 21st century through disciplinary reunification and social engagement. *Environment and Planning F*, 1(1), 114-124. <https://doi.org/10.1177/26349825221082162>
- Martínez Fernández, L. C., & Delgado Urrecho, J. M. (2017). La Geografía en las enseñanzas universitarias de Grado en España: docencia y planes de estudios. *Investigaciones Geográficas*, 67, 61-79. <https://doi.org/10.14198/ingeo2017.67.04>
- Maurín Álvarez, M. (2014). Adaptarse para sobrevivir: la táctica silenciosa de la geografía contemporánea. *Ería*, 95, 281-304.
- Méndez, R. (2008). Trayectorias recientes de la Geografía: algunos problemas y potencialidades para su enseñanza. *Huellas*, 12(2008), 128-155.
- Meynen, E. (1974). *Orbis geographicus. 1968-1974. World directory of geography*. Unión Geográfica Internacional. <https://books.google.gr/books?id=t5u3zQEACAAJ>

- Natera Rivas, J. J. (2022). Las prácticas curriculares y los perfiles profesionales de la geografía: experiencia en la Universidad de Málaga. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 20(1), 169-185. <https://doi.org/10.4995/redu.2022.17057>
- Olcina Cantos, J. (1996). La Geografía hoy: reflexiones sobre el pensamiento geográfico, la región y la docencia de la Geografía. *Investigaciones geográficas*, 16, 93-114. <https://doi.org/10.14198/INGEO1996.16.06>
- Olcina Cantos, J., González Pérez, J. M., & López Estébanez, N. (2022). Un panorama general de la evolución de la geografía española (1992-2022). In Comité Español de la Unión Geográfica Internacional (Ed.), *La geografía española actual. Estado de la cuestión: aportación española al congreso de la UGI* (pp. 9-27). Comité Español de la Unión Geográfica Internacional.
- Sánchez Aguilera, D. (2013). La investigación y los investigadores en Geografía en Cifras. Una aproximación. In T. Lasanta & J. Martín Vide (Eds.), *La Investigación Geográfica En España (1990-2012)* (pp. 43-58). Asociación de Geógrafos Españoles, Instituto Pirenaico de Ecología.
- Sherman, D., Rogers, A., & Castree, N. (2005). Introduction. Questioning geography. In N. Castree, A. Rogers, & D. Sherman (Eds.), *Questioning geography. Fundamental debates* (pp. 1-5). Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.7551/mitpress/2940.003.0004>
- Soria-Lara, J. A., Valenzuela-Montes, L. M., & Temes-Cordovez, R. (2021). Una mirada al área de Urbanística y Ordenación del Territorio a través de un sondeo a su profesorado. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 54(211), 3-18. <https://doi.org/10.37230/cytet.2022.211.1>
- Temes-Cordovez, R. (2022). Área de conocimiento 'Urbanística y Ordenación del Territorio'. Análisis en la Universidad española. *Bitácora Urbano Territorial*, 33(1), 43-59. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v33n1.104433>
- Thomas, D. S. (2022). Geography needs science, science needs Geography. *Environment and Planning F*, 1(1), 41-51. <https://doi.org/10.1177/26349825221082161>
- Unwin, T. (1992). *El lugar de la geografía*. Cátedra.
- Valenzuela Rubio, M. (2004). La Geografía en los estudios de tercer ciclo de las universidades españolas (1983-2004). In Comité Español de la Unión Geográfica Internacional (Ed.), *La Geografía española ante los retos de la sociedad actual. Aportación española al XXX Congreso de la U.G.I.* (pp. 83-104). Comité Español de la Unión Geográfica Internacional.
- Viles, H. (2005). A Divided Discipline? In N. Castree, A. Rogers, & D. Sherman (Eds.), *Questioning Geography: Fundamental Debates* (pp. 26-38). Blackwell Publishing.
- Whalley, W. B., Saunders, A., Lewis, R. A., Buenemann, M., & Sutton, P. C. (2011). Curriculum development: Producing geographers for the 21st century. *Journal of Geography in Higher Education*, 35(3), 379-393. <https://doi.org/10.1080/03098265.2011.589827>

