INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS

69

ENERO-JUNIO 2018

INSTITUTO INTERUNIVERSITARIO DE GEOGRAFÍA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

INSTITUTO INTERUNIVERSITARIO DE GEOGRAFÍA

INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS

La publicación de este número ha sido posible gracias a la obtención de una ayuda
del Vicerrectorado de Investigación y Transferencia de Conocimiento de la Universidad de Alicante.
https://web.ua.es/es/vr-investi

EQUIPO EDITORIAL
Director
Antonio M. Rico Amorós. *Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, España.*
Secretaría de redacción
Jorge Olcina Cantos. *Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, España.*
Secretaría de edición
Clotilde Esclapez Selva. *Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, España.*
Editores adjuntos
Pablo Giménez Font. *Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, España.*
María Hernández Hernández. *Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, España.*
Jose Antonio Larrosa Rocamora. *Departamento de Geografía Humana, Universidad de Alicante, España.*
Antonio Martínez Puche. *Departamento de Geografía Humana, Universidad de Alicante, España.*
Enrique Moltó Mantero. *Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, España.*
Ascensión Padilla Blanco. *Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, España.*
Francisco José Torres Alfosea. *Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, España.*
Jose Torres Prieto. *Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad, Universidad de Alicante, España.*

COMITÉ DE REDACCIÓN
Carlos Javier Baños Castiñeira. *Instituto Universitario de Investigaciones Turísticas, Universidad de Alicante, España.*
Macià Blázquez Salom. *Departamento de Geografía. Universitat de les Illes Balears, España.*
Ana Camarasa Belmonte. *Departamento de Geografía, Universidad de Valencia, España.*
Pascal Chevalier. *Département de géographie et aménagement, Université Montpellier 3, Francia. Centro de investigación UMR 5281 ART-Dev, Francia.*
Wagner Costa Ribeiro. *Departamento de Geografía, Universidade de São Paulo, Brasil.*
Antoni Durà Guimerà. *Departamento de Geografía, Universitat Autónoma de Barcelona, España.*
Cayetano Espejo Marín. *Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, España.*
Mª José Estrela Navarro. *Departamento de Geografía, Universitat de València, España.*
Joaquín Farinós Dasí. *Departamento de Geografía, Universidad de Valencia, España.*
Cristian Henríquez Ruiz. *Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.*
Angela Hof. *Fachbereich Geographie und Geologie, Universität Salzburg, Austria.*
Alex Loftus. *Department of Geography, King's College London, Reino Unido.*
Pablo Lucas Máyer Suárez. *Departamento de Geografía, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.*
Hug March Corbella. *Internet Interdisciplinary Institute (IN3), Universitat Oberta de Catalunya, España.*
María del Carmen Mínguez García. *Departamento de Geografía Humana,Universidad Complutense de Madrid, España.*
Pilar Paneque Salgado. *Departamento de Geografía, Historia y Filosofía, Universidad Pablo de Olavide, España.*
Alfredo Pérez Morales. *Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, España.*
Mª Jesús Perles Roselló. *Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, España.*
Mª Fernanda Pita López. *Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, España.*
Anna Ribas Palom. *Departamento de Geografía, Universitat de Girona, España.*
Javier Salas Rey. *Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá de Henares, España.*
Mario Alberto Salomón Sirolesi. *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.*
Miguel Sánchez Fabre. *Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, España.*
Frédéric Santamaria. *Université Paris Diderot - Paris 7. U.F.R. Géographie, Histoire, Sciences de la Société (GHSS), Francia.*
Rocío Silva Pérez. *Departamento de Geografía Humana, Universidad de Sevilla, España.*
Francesco Vallerani. *Dipartimento di Economia, Università di Venezia Cà Foscari, Italia.*

COMITÉ ASESOR
Bas Amelung. *Environmental Systems Analysis group Wageningen University, Países Bajos.*
Fernando Arroyo Ilera. *Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España.*
Franca Battigelli. *Dipartimento di Studi umanistici e del Patrimonio culturale, Università degli Studi di Udine, Italia.*
Ruth Irene Beilin. *School of Ecosystem and Forest Sciences, University of Melbourne, Australia.*
Marina Bertoncin. *Dipartimento di Scienze Storiche, Geografiche e dell'Antichità, Università degli Studi di Padova, Italia.*
Francisco Calvo García-Tornel. *Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, España.*
Concepción Camarero Bullón. *Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España.*
Gregorio Canales Martínez. *Departamento de Geografía Humana, Universidad de Alicante, España.*
Gemma Canoves Valiente. *Departamento de Geografía, Universitat Autónoma de Barcelona, España.*
Maria Carella. *Dipartimento di Scienze Politiche, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro", Italia.*
Ana Casado. *Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Argentina.*
Carmen Delgado Viñas. *Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio, Universidad de Cantabria, España.*
Javier Esparcia Pérez. *Instituto de Desarrollo Local/Departamento de Geografía, Universidad de Valencia, España.*
Felipe Fernández García. *Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España.*
María Christina Fragkou. *Departamento de Geografía, Universidad de Chile, Chile.*
Antonio Gil Olcina. *Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, España.*
José María Gómez Espín. *Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, España.*
Josefina Gómez Mendoza. *Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España.*
Javier Gutiérrez Puebla. *Departamento de Geografía Humana, Universidad Complutense de Madrid, España.*
Rubén Lois González. *Departamento de Geografía, Universidad de Santiago de Compostela, España.*
Francisco M. Lopez Palomeque. *Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universitat de Barcelona, España.*
Javier Martín Vide. *Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional, Universidad de Barcelona, España.*
Mª Victoria Marzol Jaén. *Departamento de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna, España.*
Rafael Mata Olmo. *Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, España.*
Jamie McEvoy. *Department of Earth Sciences, Montana State University, Estados Unidos.*
Oliver Meseguer Ruiz. *Departamento de Ciencias Históricas y Geográficas, Universidad de Tarapacá, Chile.*
Fernando Molinero Hernando. *Departamento de Geografía, Universidad de Valladolid, España.*
Cristina Montiel Molina. *Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad Complutense de Madrid, España.*
Alfredo Morales Gil. *Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Alicante, España.*
Rosana Nieto Ferreira. *Department of Geography, Planning, and Environment, East Carolina University, Estados Unidos.*
Alfredo Ollero Ojeda. *Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, España.*
Agustín Olmos Cruz. *Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, México.*
Juan Ignacio Plaza Gutiérrez. *Departamento de Geografía, Universidad de Salamanca, España.*
Gabino Ponce Herrero. *Departamento de Geografía Humana, Universidad de Alicante, España.*
José Quereda Sala. *Instituto Interuniversitario de Geografía, Universitat Jaume I (Castellón), España.*
Luciene Cristina Risso. *UNESP São Paulo State University, Brasil.*
Hugo Ivan Romero Aravena. *Departamento de Geografía, Universidad de Chile, Chile.*
Juan Romero González. *Departamento de Geografía, Universidad de Valencia, España.*
Onofre Rullán Salamanca. *Departamento de Geografía, Universitat de les Illes Balears, España.*
Julia Salom Carrasco. *Departamento de Geografía, Universidad de Valencia, España.*
José Sancho Comins. *Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá de Henares, España.*
Pablo Sarricolea Espinoza. *Departamento de Geografía, Universidad de Chile, Chile.*
David Saurí Pujol. *Departamento de Geografía, Universitat Autónoma de Barcelona, España.*
Philipp Schmidt-Thomé. *Geological Survey of Finland (GTK), Finlandia.*
Erik Swyngedouw. *School of Environment, Education and Development, Manchester University, Reino Unido.*
José Fernando Vera Rebollo. *Instituto Universitario de Investigaciones Turísticas, Universidad de Alicante, España.*

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

DISEÑO DE LA CUBIERTA
Jaime Sebastián Garriga

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

ISSN (hasta 2012): 0213 - 4691
ISSN (electrónico): 1989 - 9890
DOI: 10.14198/ingeo
Depósito legal: A-52-1983

ÍNDICE

ARTÍCULOS

Characterizing the recent decline of water consumption in Italian cities 9
Noemi Baldino and David Sauri

Auge y crisis inmobiliaria en Canarias: desposesión de vivienda y resurgimiento inmobiliario 23
Juan Samuel García-Hernández, Mª del Carmen Díaz-Rodríguez y Luz Marina García-Herrera

La elevación de las temperaturas en el norte de la Comunidad Valenciana: valor y naturaleza (1950-2016) 41
José Quereda Sala, Enrique Montón Chiva y Victoria Quereda Vázquez

Incidencia de *Xylella fastidiosa* en las Islas Baleares y distribución potencial en la península ibérica 55
Oliver Gutiérrez Hernández y Luis V. García

How the replica of the Italy's Northeast Industrial District model failed in Timisoara (Romania) 73
Marina Bertoncin, Andrea Pase, Daria Quatrida and Alessandra Scroccaro

Marginación y costos de inundación en el Estado de México, México 91
Mariana Mancino, Salvador Adame Martínez, Edel Cadena Vargas y Raquel Hinojosa Reyes

Urban heat island analysis using the 'local climate zone' scheme in Presidente Prudente, Brazil 107
Renata dos Santos Cardoso and Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Restauración de sistemas dunares en las islas Baleares (2000-2017): una visión crítica 119
Francesc Xavier Roig-Munar, José Ángel Martín Prieto, Antonio Rodríguez Perea y Macià Blàzquez Salom

Reconstrucción dendroclimática de la serie de precipitaciones en el Valle de Polaciones (Cantabria) 137
Víctor Lallana Llorente

El paisaje industrial de la minería en la Región de Murcia: Análisis de un referente patrimonial por valorar 159
Mª Dolores Palazón Botella

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

Reseña de *Contribución del Análisis Espacial a la Ciencia y a la Geografía. Referencia Histórico-Bibliográfica* 183

Alejandro García Ferrero

Reseña de *El turismo como catalizador de la pobreza. Trabajo turístico y precariedad en Cozumel, México* 185
Francesc Xavier Roig-Munar

ARTÍCULOS

Nº 69, january-june of 2018, pp. 9-21.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO2018.69.01

Investigaciones Geográficas
Interuniversity Institute of Geography
University of Alicante

To cite this article: Baldino, N. & Sauri, D. (2018). Characterizing the recent decline of water consumption in Italian cities. *Investigaciones Geográficas,* (69), 9-21. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.01

Characterizing the recent decline of water consumption in Italian cities

Caracterizando el descenso reciente del consumo de agua en ciudades italianas

Noemi Baldino[1]
David Sauri[2]

Abstract

There is increasingly more evidence showing that domestic water consumption is decreasing in many urban areas of the developed world. A large and heterogeneous set of factors may explain this decrease, ranging from structural phenomena, such as changes in the composition of urban populations or in the economic basis of cities to the implementation of more conscious policies such as technological improvements; citizen awareness or higher water prices and taxes. In this paper we examine the drop in water consumption for the ten largest Italian cities. The Italian water sector is characterized by a highly fragmented governance structure that results in a significantly inefficient distribution network, which might be highly exposed to the effects of climate change. However, there is strong opposition to privatization. In the paper we document the drop in water consumption in the largest Italian cities showing demographic (aging), social (migration) and economic (income) factors at the same time. Although it is unlikely that one single reason can explain the declining trend, our conclusion points to a combination of structural factors and specific policies that seem to be more intense in the Northern and Central cities than in the Southern cities.

Keywords: Water Consumption; structural factors; population; efficiency; cities; Italy.

Resumen

Cada vez existe mayor evidencia de que el consumo doméstico de agua está disminuyendo en muchas ciudades del mundo desarrollado. Un conjunto numeroso y heterogéneo de factores puede explicar este declive, desde fenómenos estructurales como cambios en la composición de las poblaciones urbanas o en la base económica de las ciudades hasta cambios tecnológicos, aumento de la concienciación ciudadana o precios e impuestos más altos para el agua. En este artículo examinamos el descenso del consumo de agua en las diez mayores ciudades italianas. El sector italiano del agua urbana se caracteriza por una gobernanza altamente fragmentada que genera ineficiencias importantes en las redes de distribución y que puede quedar muy expuesta a los efectos del cambio climático. Al mismo tiempo, sin embargo, existe una firme oposición a la privatización. La disminución en el consumo de agua en el caso italiano muestra al mismo tiempo factores demográficos (envejecimiento), sociales (migración) y económicos (riqueza). Nuestra conclusión apunta hacia una combinación de factores estructurales y políticas activas que parecen ser más importantes en las ciudades del norte y del centro que en el sur del país.

Palabras clave: Consumo de agua; factores estructurales; población; eficiencia; ciudades; Italia.

1 Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (Barcelona), España. Baldino.noemi@tiscali.it
2 Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (Barcelona), España. David.sauri@uab.cat

Received: 02/05/2018. **Accepted:** 05/11/2018. **Published:** 06/13/2018.

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

1. Introduction

Water continues to be one of the main (if not the main) issues of concern for the future of humankind. At the global scale and with population growth and climate change exerting critical influences over supply and demand, water will become more and more problematic for a substantial proportion of the world population especially in the developing countries, many of which may experience serious water stress by 2025. According to the World Bank, available water resources per capita at the global scale fell from 13,395 m^3 in 1962 to slightly below 6,000 m^3 in 2014 and are expected to decline to 4,800 m^3 in 2025 (World Bank, 2015). Furthermore, this global trend hides significant inequalities in availability and access to this precious resource. In 2015, 844 million people (the poorest in urban areas and many of those living in rural areas) still lacked drinking water of an acceptable quality. On the other hand, close to 2.5 billion people did not have reliable and appropriate sanitation facilities (UNESCO and World Health Organization [WHO], 2015). Accordingly, water-related mortality, especially among children, continues to be a major issue of concern in many developing countries.

Inequality in access is reflected in the large disparities of water consumption per capita found around the world that range from few liters in certain African traditional nomadic groups to 1,000 liters or more characteristic of wealthy households with lawns and swimming pools of Arizona or California in the Western United States. Around 20 liters per day would be the absolute minimum for basic hygiene needs according to the World Health Organization. If we add basic household uses, this minimum quantity may increase to 50 liter per day. On average an American citizen consumes 425 liters per day. In Europe this quantity decreases to 237 liters per day in Italy and 150 in France. In some areas of the developing world, such as rural Madagascar, the quantity may fall to 10 liters per day (Gleick, 2003; Chenoweth, 2008; Federparchi, n.d.).

Against the persistent view in the forecasts and statements of many international organizations, recent data on water consumption, at least in the developed world, contradicts somehow the image of a continuing rising trend in this consumption. For several decades now, in certain areas of the world, water use in agriculture, manufacturing, cities and tourism appears to be declining both in absolute and in relative terms. This trend, however, needs to be approached very carefully and only empirically oriented studies can discern whether or not achieving significant saving and efficiencies in the use and management of a critical resource is becoming significant. Taking specifically the case of urban water in cities of the developed world, evidence indicates that decreasing trends in consumption are common (Weisz and Steinberger, 2010). Since approximately the beginning of the 1990s, most cities of the developed world see how their consumption of essential resources such as water and energy is decreasing. Evidence in this respect can be found in North America (Donnelly and Cooley, 2015); Australia (Cahill and Lund, 2013) and Eastern and Western Europe (Poquet and Maresca, 2006; Barraqué, Isnard, Montginoul, Rinaudo and Souriau, 2011; Hotlos, Glowacka and Kolodziej, 2012 ; March and Sauri, 2016).

More than being uniquely the triumph of a conscious sustainability rationale pushing cities towards more efficient uses, reasons for the decline in water consumption may be many and highly heterogeneous. In some extreme cases, "urban shrinking" (Moss, 2008) or the fast decline of cities in the former European socialist block is directly responsible for the drastic fall in resource consumption. In other cases, a succession of drought periods also results in diminishing consumptions that tend to persist over time even when droughts are over. This is the case for example of cities such as Barcelona (March and Sauri, 2016). Other documented exogenous drivers of the decline in water consumption are technology and behavior (March and Sauri, 2010; Domene and Sauri, 2006). Technological improvements range from the improvement of the urban water delivery network (especially the detections and repair of leakage) to the myriad of more water efficient fixtures and appliances for bathrooms, kitchens, and the household in general. Behavior includes two main strategies: awareness campaigns towards more responsible water consumption, and increases in water prices and taxation providing economic stimuli to save water (Rogers, De Silva and Bhatia, 2002).

Together with these more exogenous factors, there are other factors leading to decreasing levels of water consumption more related to structural changes in current urban societies of the developed world, including the ageing of the population, the arrival of large numbers of immigrants from low income areas to cities and countries (Spain, Italy) traditional emitters rather than receivers of immigrants, and the increasing inequities among urban citizens.

Both exogenous and endogenous factors play therefore an important role in explaining the causes of water consumption decline in cities. Therefore, our objective in this paper is to examine the factors that can influence the decline in water consumption in the 10 most important Italian cities (see fig 1). Our working

hypothesis is that the decline obeys to a combination of exogenous and endogenous factors. Among the latter we will focus on ageing, immigration, and income. Our analysis will be limited to domestic consumption which is a subcategory of the broader urban consumption, the latter including water used in manufacturing. One of the most important reasons of water decline in European cities has been the shift from industry to services but in this paper we will restrict the analysis to the domestic sector (Santini and Rulli, 2015).

The paper is organized as follows. In the next section we examine succinctly the factors or drivers of the decline in domestic water consumption. After this we introduce the Italian water context emphasizing the climate constraints for water development; the inefficiencies of the water delivery system, and the debate on the governance of the resource. Section 4 analyzes the decline, which we attempt to relate to factors such as population change; age, immigration and income. We then proceed to discuss the results in the context of relevant literature on the topic. Finally in the conclusions we summarize the main findings of the paper and attempt to discern the specificity of the Italian experience in relation to other contexts.

2. Methods

Our methodology has consisted in a literature review on factors behind the decline in water consumption in cities and a compilation and basic treatment of data for the 10 Italia cities considered in the paper. The decline in domestic water consumption has been linked to many factors of very diverse origins. As mentioned before, one first way to discriminate among these factors would be to divide them between those that are the product of conscious decision making (i.e. to raise water prices to curb consumption or to promote more efficient behavior when using water) and those responding to more structural phenomena such as, for instance, certain demographic characteristics of the population that may influence water consumption behavior (age) or certain characteristics of the built environment (urban density) leading also to different consumption patterns. Conscious actions may also be divided between those involving the promotion of water saving technology (in the bathroom or in appliances such as washing machines or dishwashers); the promotion of water responsible behavior (through, for instance, drought awareness campaigns) or the promotion of economic instruments (higher prices and taxes on water to foster conservation).

Our aim is this paper is not to examine all these factors in detail for the Italian case but to focus solely on three particular variables: ageing, immigration, and income. All of them frequently appear in the list of independent variables influencing urban water consumption. The common argument is that in cities of the developed world, the elderly and immigrants from developing counties tend to consume less water per capita than the average citizen (Nauges and Reynaud, 2001). Evidence regarding the elderly, however, is not conclusive. Certain studies in Australia and Europe corroborate more frugal consumptions among older segments of urban populations compared with the younger segments (Gregory and Di Leo, 2003; Gilg and Barr, 2006; March, Perarnau and Sauri, 2012) but in other cases the reverse appears to be true (Hamilton, 1983). This may vary too according to geographical context and factors such as the urban form. Thus, for example, in Southern Europe, elderly people tend to live in relatively small apartments with not too many water dependent appliances and with patterns of behavior more inclined to conservation. Contrarily, elderly people living in Australia or the Western United States may use more water simply because they live in single houses or condominiums with possibly gardens and other water dependent amenities. Regarding immigrants it is important to differentiate according to their socioeconomic status. Thus immigrants from the developing world coming to European cities tend to live in older and with fewer water fixtures housing than average citizens (Ajenjo *et al*., 2008). For example in New York City water consumption per capita among immigrants is 20 percent smaller than ware consumption by locals (Pfeffer and Mayone, 2002). To this we may add in many cases mire frugal behaviors regarding water consumption for cultural or religious reasons (Smith and Ali, 2006). Both the elderly and immigrants from developing countries are especially vulnerable to periods of economic crisis and one of the ways they tend to respond to income cuts is by reducing the consumption of resources such as water and energy. Prices and taxes may have a greater impact on the elderly because of smaller incomes that have not kept pace with the strong increases in the price of electricity, gas and water of the last years. Until relatively recently, it was assumed that income had an important role in determining the use of a particular resource. In other words, higher incomes would correspond with higher water consumptions (Dalhuisen, ~~et al.,~~ Florax, De Groot and Nijkamp, 2003; Domene and Sauri, 2006). However, income may influence water consumption negatively, for instance through a greater ability to purchase water efficient appliances (March and Sauri, 2009). For other authors income may lead to changing habits that reduce

the consumption of water from the network but increase the consumption of water coming from other sources, most notably bottled water (Wilk, 2006).

Figure 1. Italian regions and cities included in the study

Own elaboration.

3. Results

In terms of overall water availability, Italy can hardly be defined as water stressed country. Overall, water resources in the country amount to some 190 km^3 per year or some 3,140 m^3 per inhabitant (Tozzi, 2016). Water actually used constitutes around 24 percent of the overall figure which in per capita terms represent about 750 m^3 per year (Santini and Rulli, 2015). Up to 60 percent of the water may be used in irrigation; 25 percent in industry, and 15 percent in cities (Scarascia, Di Battista and Salvati, 2006). These figures need to be corrected according to internal differences. Thus in the North and Center, urban-industrial uses represent the largest proportion of water used while in the South and the Islands, with less rainfall, more evapotranspiration, and an important agricultural sector, irrigation is dominant (Martire and Tiberi, 2007; Massarutto, 2015). In terms of water footprint, that is the amount of fresh water used to produce goods and services, its value in Italy amounted to 132 billion cubic meters per year or 6,309 liters per capita per day in 2012. The country is the third net importer of virtual water in the world (62 billion cubic meters per year), after Japan and Mexico (Adinolfi and Di Pasquale, 2014). Concerning urban uses, 85 percent of the water delivered to cities is groundwater and only 15 percent surface water. Water use in Italian cities attained 228 liters per capita per day in 2008 which is one of the largest figures in the European Union only below Cyprus, Ireland and Latvia. Moreover, and for a variety of reasons (including but not limited to a perception of poor quality), Italians are among the largest world consumers of bottled water. These and other challenges are to an important extent related to the highly fragmented managerial

structure of the Italian water sector with more than 7,000 agencies and entities and 13,000 aqueducts. Water recycling and reuse, and alternative resources (only 0.2 % of water actually available comes from desalination plants) are still quite marginal (Santini and Rulli, 2015).

Domestic water consumption in Italian regions varies significantly. Figures are highest in the Northwest (with a maximum of 461liters/person/day (lpd) in the Valle d'Aosta) and decrease towards the Center and the South, with values in Toscana and Puglia below 200 lpd. For Italy as a whole, water consumption fell from 243 liters per person per day in 2008 to 228 lpd in 2012 (6.1 percent decrease). The central regions, in particular Toscana and Lazio, experienced the largest decline (in Lazio there was the maximum reduction of 16.5 percent). In general, all regions showed a decrease in registered water per capita, with the exception of Calabria (gain of 3.3 percent over the period considered) and Basilicata and Puglia, the latter with less than 1 percent.

3.1. The challenges of climate

An important challenge to the Italian water sector is posed by climate. Italian records show that during the 20th century summer rainfall has decreased around 20 percent and average temperature has risen by 1.5 °C (Scienzia in Rete, 2010). The warming trend appears to manifest itself faster than global averages. A new record of increase in temperature was registered in 2014 with 1.45 °C above the average for the period 1971-2000. Globally, in the same year the temperature was 0.46 °C higher than the average for the period 1971-2000 (Bia, 2016). This and other data appears to confirm that, during the recent decades, the warming trend in Italy has progressed at average values twice as large as the average values for the Earth as a whole. This phenomenon may be related to the increasing presence of high pressure conditions over the Italian Peninsula, which shift from North Africa to the Mediterranean and from here to the Atlantic. High pressures divert storms and create the conditions for more frequent droughts and therefore for growing impacts on cities and on the food processing sector as happened in the winter of 2015-2016, known as the "winter of the drought" and coinciding with the warmest and driest year (2015) in recorded history. At the beginning of February 2016 the capacity of the three main lakes of Northern Italy dropped to an all-time low (Lake Garda showed a decline of 33 percent), while in some places minimum flows for several major rivers were recorded. The Po River reported water levels two meters lower than in the same period of 2015 and also below those of the winter of 2007 which was very dry as well (Bia, 2016). In January 2016, lack of precipitation forced many municipalities to issue measures restricting water consumption. This trend has exacerbated the already precarious situation of Italy regarding water availability. Thus 15 percent of the Italian population, approximately eight million people, stands below the minimum water requirement of 50 liters of water per day per person during four months per year (June-September) The possibility of cities deprived of drinking water and facing emergency situations (as it has already happened historically from Sicily to Tuscany) becomes very real.

Future prospects for water availability face additional important challenges, especially those derived from the effects of climate change (García-Ruiz, López-Moreno, Vicente-Serrano, Lasanta-Martínez, and Beguería, 2011; Milano *et al*., 2013). Located in the central area of the Mediterranean basin, Italy is likely to experience the rising temperatures and decreasing rainfall that many models envisage for this area during the next decades (Giorgi, 2006; Galleotti and Roson, 2012). Declining precipitation values will mainly affect water availability for agriculture in the short term and groundwater recharge (critical for urban water supply) in the longer term. River flows may decrease due to global changes, particularly land use changes (Billi and Fazinni, 2017). At the same time, water demand is expected to rise in the next decades after increasing requirements for agricultural production and after population growth. Moreover, precipitation tends and will tend to occur more frequently in sudden, highly intense evens that produce floods and mudslides

3.2. The (in)efficiency of the Italian urban water delivery systems

A major problem of the Italian water supply network is its poor performance expressed as water that does not reach or it is no registered at the final point of consumption (Passino, Benedini, Dipinto and Pagnotta, 1999). At the regional level, water unaccounted for (network losses and other detractions) amounts to approximately a third of the water delivered showing strong variabilities depending on the region. Figures oscillate between 43.3 percent in the South and 30 percent in the Northwest (De Gironi-

mo, 2013). Valle d'Aosta, in the Northwest, observes the lowest value (21.9 percent) while the island of Sardinia records the highest value (54.8 percent). Up to 40 percent of the supplied water which is roughly equivalent to more than 10,000 m^3 per kilometer is lost before reaching end uses. Losses per kilometer of water conveyance systems in the region of Campania reach 25,000 m^3 while in Cosenza (Calabria), 70 percent of the water fed into conveyance systems does not arrive at its final destination. Extremely high water losses are recorded in Campobasso (65 percent) and Latina (66 percent) as well. There are regions such as Basilicata and Sardegna that bill just a third of the water supplied. Contrarily, in Emilia Romagna, Umbria and Marche, loss values are less than 3,000 m^3/km. To an important extent, losses are directly related to the poor state of the delivery network and the widespread extension of leakage. However, there are also cases of illegal and unregistered captures. According to the Minister of the Interior, Italian domestic water resources are subject to thefts organized and performed by illegal tanker trucks that supply entire neighborhoods and villages, as a form of territory control (Tozzi, 2016).

3.3. Urban water management between the public and private sector

Italy has developed one of the more comprehensive water supply and sanitation infrastructures in Europe. The *Acquedotto Pugliese*, for example, is the largest water aqueduct system in the continent with more than 19,000 km of pipes; 6 water treatment plants, and 164 sewage treatment plants. The Italian water system includes 291,000 km of channels, pipes and other conveyance structures, 16 percent of which, however, operates in critical conditions and needs full redevelopment. Regarding supply, virtually all Italian municipalities (99.7 percent) are served by the water supply network and 99.5 percent have access to the public sewerage system. It is estimated that in the next 30 years 65 billion Euro will be needed to repair aqueducts, sewage and waste treatment plants. (La Repubblica, 2017) In Italy the process of privatization of water services began in the mid-1990s through various legislative measures that recognized the inability of the Italian state to manage these services (based on 7,000 different agencies) efficiently. Despite the reform of water management systems approved by the Italian Parliament in 1994 (Carrozza, 2011), this fragmentation still hampers efficient management. However, other voices claim that reform was addressed to introduce private models of water governance following the EU interest in fostering competition in the provision of public services, and that local governments have struggled to prevent private management (Carrozza and Fantini, 2016). The final clash between advocates and opponents of the privatization of water services took the form of a referendum held in June 2011 in which Italians opposed the privatization package proposed by the Berlusconi administration and asserted the idea of water as a common resource and a human right.

One of the first consequences of the privatization process of the 1990s was the increase in tariffs although these tariffs tend to be low in comparison with other European capitals. In 2014, the price of domestic water in Milan was 0.8 €/m^3. In other cities such as Bologna, Torino, Naples or Rome this price was below 2 €/m^3 in clear contrast with figures, for example, in Barcelona (3.2 €/m^3), London (4.7€/m^3) or Copenhagen (8 €/m^3) (International Water Association [IWA], 2014). Low prices are probably related to low investments in the network, and to physical and managerial inefficiencies. For example, the fragmentation of management in more than 700 entities makes difficult to raise the estimated 5 billion euros per year needed to upgrade to efficient levels the water delivery network. In Italy, investment in water infrastructure amounts to the equivalent of 30 euro per inhabitant while in Germany this figure rises to 80 euro, to 90 euro in France, and to 100 in the United Kingdom. It is estimated that "to bring the level of Italian water infrastructure in line with European standards, 65 billion Euros should be invested in thirty years" (La Repubblica, 2017).That said, water prices in Italian cities have increased in the last decades although at a slow pace, and investments have increase as well but again, moderate gains in the Northern capitals have to be compared with the chronic underinvestment in the South.

Finally and before examining consumption trends, it is worth noting that Italian cities experience important losses from the municipal water networks (see table 1). On average, losses add up to more than a third of the water delivered but there are also substantial differences among cities. The lowest figure belongs to Milano with slightly over 10 percent of losses which indicates a highly efficient system (Carra, 2014). At the other extreme Catania registers an astonishing 57 percent (that is more than half the water delivered is lost) while Naples, Bari and Firenze record values above 40 percent. For some organizations such as the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2011) the fact that water in Italy is underpriced probably explains the lack of investments to improve water infrastructure and therefore the persistence of leakage.

Table 1. Water losses in the distribution networks of the 10 largest Italian cities. 2012

City	Losses in water delivered (in %)
Rome	36.4
Milano	10.2
Napoli	41.1
Torino	36.9
Palermo	33
Bologna	21.3
Genova	29.2
Firenze	43.8
Bari	40.7
Catania	56.9
Average	35

Source: Instituto Nazionale di Statistica (Istat). Censimento delle acque per uso civile. https://www.istat.it/it/archivio/acqua

3.4. Water consumption trends in the ten largest Italian cities

Next we will examine the evolution of water consumption in the ten largest Italian cities for the period 2002-2011. It is important to clarify that the figures presented in the following tables correspond to registered volumes (liters/person/day) in the final points of consumption (i.e. households) and not to figures entering the city water networks. Therefore, our data does not take into account water losses in the public network, although a reference needs to be made to this issue because, as said before, Italy probably observes one of the highest rates of network water losses in Europe.

Following the same trends of most European urban areas, water consumption in Italian cities is falling at least in per capita terms. The decline in domestic water consumption was already noticeable in many European cities during the 1990s but Italy remained an exception. Between 1991 and 2001, for instance, Milano was the only large city observing a downward trend in consumption. Other cities such as Torino and Bologna did not experience changes while in Roma, Cagliari, Genova, Ancona and Palermo water consumption per capita actually increased (Poquet and Maresca, 2006).

The period 2002-2011, however, saw a significant change and, with a few exceptions, water consumption per capita experienced a more or less pronounced decrease in the major cities (see table 2). Decrease in per capita water consumption shows however, important differences. In Genova, Roma and Torino consumption in 2011 was around 25 percent smaller than consumption in 2002. In Bologna, Firenze and Bari, decline oscillated between 16 and 11 percent while in Catania and Palermo there was a small increase in consumption. The reduction experienced in Milano (8 percent) is comparatively small, probably reflecting a longer period of decline than the other cities. Still, with the exception of Catania, water consumption per capita in the Northern cities remains higher than in Southern cities, sometimes by 30 percent or more.

Table 2. Water consumption in the 10 largest Italian cities (in lpd). 2002-2011

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Change 2002-2011 (%)
Roma	264	253	254	253	245	238	237	234	234	201	-24
Milano	248	239	220	223	225	224	232	235	228	228	-8
Napoli	205	204	198	203	208	175	170	165	162	160	-22
Torino	277	258	241	238	243	226	223	221	210	211	-24
Palermo	152	153	162	167	169	163	159	159	157	153	0.6
Bologna	181	183	179	185	178	177	180	178	162	160	-11.5
Genova	224	218	207	195	200	197	189	186	174	163	-27
Firenze	160	157	155	152	148	150	155	154	154	138	-14
Bari	180	168	164	159	158	158	154	151	151	150	-16.5
Catania	222	216	220	219	219	224	224	221	223	230	3.5

Source: Instituto Nazionale di Statistica. Censimento delle acque per uso civile. https://www.istat.it/it/archivio/acqua

Next we will describe trends in factors that may contribute to the explanation of this decline, beginning with population changes which will serve us as a contextual element. Table 3 shows population changes in the 10 largest Italian cities between 2002 and 2011. From the table it can be deduced that the population of most cities stagnated or declined during that period, in some cases (Naples, Palermo, Genova and Catania) rather noticeably. In fact, only the capital, Roma recorded slightly larger numbers in 2011 compared to 2012 whilst very small increases can be observed for Torino, Firenze or Bari.

Table 3. Population change in the 10 largest Italian cities. 2002-2011

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Change 2002-2011 (%)
Roma	2,540,829	2,542,003	2,553,873	2,547,677	2,705,603	2,718,768	2,724,347	2,743,796	2,761,477	2,614,263	2.9
Milano	1,247,052	1,271,898	1,299,439	1,308,735	1,303,437	1,299,633	1,295,705	1,307,495	1,324,110	1,240,173	-0.5
Napoli	1,008,419	1,000,449	995,171	984,242	975,139	973,132	963,661	962,940	959,574	961,106	-4.7
Torino	861,644	867,857	902,255	900,608	900,569	908,263	908,825	909,538	907,563	869,312	0.9
Palermo	682,901	679,730	675,277	670,820	666,552	663,173	659,433	656,081	655,875	656,829	-3.8
Bologna	373,018	373,539	374,425	373,743	373,026	372,256	374,944	377,220	380,181	371,151	-0.5
Genova	604,732	601,338	605,084	620,316	615,686	610,887	611,171	609,746	607,906	584,644	-3.3
Firenze	352,940	367,259	368,059	366,901	365,966	364,710	365,659	368,901	371,282	357,318	1.2
Bari	315,068	314,166	328,458	326,915	325,052	322,511	320,677	320,150	320,475	315,408	0.1
Catania	308,438	307,774	305,773	304,144	301,564	298,957	296,469	295,591	293,458	293,104	-5

Source: Instituto Nazionale di Statistica. Demografia in Cifre. http://demo.istat.it

Next we turn to aging and immigration shown previously to play some role in explaining water consumption trends. Table 4 describes the evolution (in percentage) of the population older than 65 years between 2002 and 2011 in the same cities. Of the ten cities, only Bologna escapes the trend towards ageing of the population. In seven of the ten cities, including Bologna, the population older than 65 years exceeds 20 percent of the total and in three (Bologna, Firenze and Genova) this age group exceeds 25 per cent of the total. The North-South demographic divide, with older populations in the North and younger populations in the South, is also very clearly reflected in the table with Bari, Napoli, Palermo and Catania registering percentages near or below 20 percent.

Table 4. Population above 65 years (% of the total). 2002-2011

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Roma	19	19.6	19.7	19.9	20.5	20.8	21.2	21.4	21.6	21.7
Milano	22.9	23.5	23.3	23.3	23.4	23.7	23.9	24.1	23.9	23.6
Napoli	15.5	15.8	16.1	16.3	16.7	17.1	17.3	17.6	17.6	17.9
Torino	22.5	23.1	23.3	23.5	23.5	23.7	23.7	23.8	23.9	23.9
Palermo	14.7	15.2	15.5	15.8	16.2	16.5	16.8	17	17.2	17.5
Bologna	26.6	26.7	26.7	26.7	27	27	27	26.7	26.3	25.9
Genova	25.7	26.2	26.6	26.7	26.4	26.7	26.9	26.9	26.9	26.7
Firenze	25.7	26.1	25.8	25.8	25.8	26	26	25.9	25.7	25.5
Bari	17.2	17.7	18	18.1	18.7	19.1	19.5	19.8	20.1	20.5
Catania	17.8	18	18.2	18.4	18.7	18.9	19.1	19.3	19.5	19.8

Source: Instituto Nazionale di Statistica. Demografia in Cifre. http://demo.istat.it

Concerning immigration, the recent population growth in Italian cities is to an important extent a consequence of the arrival of foreign nationals. Between 2001 and 2011, the foreign population living in Italy grew from 1,334,889 to 4,029,145 persons and the proportion of foreigners over nationals increased from 2.3 percent of the total to 6.7 percent. Given the low fertility rates and the aging of the population, immigration is the factor that currently fuels population growth in the country. During the same period Italian nationals decreased by more than 250,000 individuals (0.5%), while foreign individuals increased

by 2,694,256 people (201.8 percent). In other words, after almost two decades of stagnation the population in Italy began to grow again thanks to the arrival of immigrants and their higher fertilities. In table 5 we can acknowledge the evolution of immigration for the ten largest Italian cities between 2004 and 2011. Again, the most important differences concern Northern and Southern cities. The highest number is found in Milano, where 17.5 percent of the registered population is foreign. Smaller but significant proportions are found in Torino, Firenze, Bologna and Roma while the proportion of immigrants in the Southern cities is comparatively very small (below 5 percent in all cases) but growing quite fast. Also of note is the speed at which the foreign population is expanding with percentages in 2011 twice or greater than the percentages of 2004.

Table 5. Foreign population (in % of the total)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Roma	4.8	5.69	5.79	7.33	8	8.84	9.74	11.26
Milano	8.33	10.93	12.44	13.12	13.58	13.87	15.05	17.52
Napoli	1.09	1.49	1.74	1.97	2.22	2.53	2.86	3.06
Torino	6.15	7.69	8.52	9.24	11.32	12.61	13.54	14.69
Palermo	1.90	2.11	2.23	2.22	2.40	2.62	2.77	3.08
Bologna	5.71	6.79	7.53	8.14	8.96	10.46	11.48	13.05
Genova	3.53	4.61	5.33	5.77	6.08	7.01	7.53	8.62
Firenze	7.59	8.22	8.88	9.57	10.29	11.08	12.46	14.00
Bari	1.83	1.98	1.71	1.67	1.92	2.02	2.28	2.81
Catania	1.75	1.86	2.02	1.99	2.25	2.55	2.93	3.14

Source: Instituto Nazionale di Statistica. Demografia in Cifre. http://demo.istat.it

In table 6 we show the evolution of average income in the 10 cities of the sample. Average incomes increased between 2005 and 2011 everywhere but especially in the Southern cities. Still, significant income differences between the North and the South continue to be the norm and in 2011, the average income in the city heading the ranking (Milano) is 50 percent higher than the average income of the city closing this ranking (Catania). At any rate, from the table it can be deduced that water consumption decline took place in a context of income growth thus confirming the decoupling trend between material wealth and resource consumption characteristic of developed countries in recent years (Swilling, Robinson, Marvin and Hodson, 2013).

Table 6. Average income in 10 Italian cities (in constant euro/capita)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	% Change
Roma	26,668	27,624	29,173	29,453	29,820	30,284	30,544	14.5
Milano	30,973	32,959	34,783	35,194	34,964	35,751	36,253	17.0
Napoli	21,968	22,745	25,000	25,213	25,566	25,884	25,875	17.8
Torino	23,192	24,164	25,558	25,662	25,782	26,300	26,499	14.2
Palermo	21,756	22,551	24,725	25,036	25,265	25,363	25,613	17.7
Bologna	25,801	26,675	28,045	28,167	28,449	28,719	28,809	11.7
Genova	22,429	23,060	24,408	24,771	24,877	25,238	25,616	14.2
Firenze	24,356	25,367	26,930	27,142	27,422	27,822	28,132	15.5
Bari	22,112	22,915	24,698	24,949	25,281	25,719	25,878	17
Catania	20,338	21,057	22,925	23,130	23,370	23,645	23,822	17.1

Source: Instituto Nazionale di Statistica. Demografia in Cifre. http://demo.istat.it

4. Discussion

While decline in water consumption is a firmly established trend in virtually all cities in the sample, the causes of such trend are difficult to discern. On the one hand, our data is water consumed at the final

point of destination and that does not include losses in the network, which is a major source of decline in other contexts (Lux, 2008) or water theft, still significant in certain Italian cities (De Rubertis, 2016).

Regarding the demographic variables of age and immigration, water consumption is falling especially in cities undergoing processes of aging and diversification of the population according to origin. March, Perarnau and Sauri (2012), contributed statistical evidence to the relationships between ageing, immigration and water consumption in Barcelona. In summary the argument is that as population ages and becomes more diversified with the entrance of nationals from developing countries, water consumption tends to fall. This appears to be the case in the Italian cities of the sample as well. However, the relationship with water consumption is probably filtered by other factors, especially the housing stock. Thus in the Barcelona case, for instance immigrants and (perhaps less so) the elderly tend to live in apartments with few water appliances than city averages. Hence this may result in less water consumption, in the case of immigrants also by larger household sizes. It is likely that Italian cities are characterized by similar trends, especially the Northern cities with large concentrations of immigrants (Marconi, 2014).

Another finding of this study is that water consumption decline takes place in a context of growth in income for all the cities considered. This trend shows the decoupling between economic growth and resource consumption characteristic of many cities in the recent decades despite the fact that Italy is the largest consumer of bottled water in the world (Wilk, 2006) and that, therefore, decoupling would need some qualification. Finally, it has not been possible in this paper to estimate is the role played by other factors involving technological and behavioral changes such as the expansion of water efficient devices in households (toilets, showers, washing machines, etc.) or the launching of water awareness campaigns to stimulate more responsible behaviors by citizens in the use of water (Aprile and Fiorillo, 2017). The severe drought of 2016-17 implied the declaration of the State of Emergency in several Italian regions and citizens were asked to curtail non-essential uses such as garden irrigation, car washing or the filling of swimming pools (Spagnolo, 2017).

5. Conclusions

Italy occupies a significant place among the European countries with high water consumption per capita. In part this is the result of a favorable climatic and hydrological setting in much of the country but also to an infrastructural and governance system plagued with problems, above all, leakage in the urban delivery networks. In this paper, however, we have documented how Italian cities are undergoing a process of reducing their water consumption even without considering advances towards a greater efficiency of the water delivery networks. Overall, this process appears to have begun somewhat later than in other European cities (Poquet and Maresca, 2006) and shows also the otherwise common differences between Northern and Southern Italy (Santini and Rulli, 2015). Thus the decline in water consumption of the Northern cities is usually larger than the decline in the Southern cities although it is also true that, generally, water consumption per capita in cities such as Milano or Torino exceeds that of Palermo or Bari by 30 percent or more. As hypothesized, the decrease in water consumption occurs also in a context of population stagnation in most cities with growing proportions of the elderly and immigrants (Marconi, 2014). We have pointed out how, in other European urban areas, there appears to be a relationship between the ascendancy of these two demographic groups and the decline in water consumption per capita although this needs to be put in the context of the characteristics of the urban fabric where these groups (especially immigrants) tend to live probably in small flats with few water devices (March, Perarnau and Sauri, 2012).

The many factors that intervene in shaping water consumption in cities have probably been at work in Italian urban areas as well (Tozzi, 2016). However, the Italian case also shows poor investments in the maintenance of the urban water cycle and chronic inefficiencies in the nation's water systems. For some, this state of affairs can only be overcome with drastic changes in the governance of water, especially privatization and price increases able to offset future pressures of climate change in terms of increasing droughts and falling water supplies (OECD, 2011). For other voices, however, the modernization of the Italian water system must be a collective effort strongly based on communal principles (Carrozza and Fantini, 2016). However, both arguments may fail to acknowledge the role of structural factors related to demography, social conditions, income and also the urban form. In this paper we have attempted to provide a very sketchy picture of some of these factors. Much more detailed work with survey and interview data would be required to gain a better understanding of the causes of domestic water consumption decline.

Acknowledgements

The authors would like to thank the editor, the editorial staff of the journal and two anonymous referees for their valuable criticisms and suggestions. All errors remaining are ours.

References

Adinolfi, F. and Di Pasquale, J. (2014). *Italy's Water Footprint*. Retrieved from http://www.expo2015.org/magazine/en/sustainability/italy-s-water-footprint--.html

Ajenjo, M., Blanes, A., Bosch, J., Parella, S., Recio, A., San Martin, J. and Sintes, E. (2008). *Les condicions de vida de la població immigrada a Catalunya*. Barcelona: Editorial Mediterrània.

Aprile, M.C. and Fiorillo, D. (2017). Water conservation behavior and environmental concerns: Evidence from a representative sample of Italian individuals. *Journal of Cleaner Production*, 159, 119-129. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.036

Barraqué, B., Isnard, L., Montginoul, M., Rinaudo, J.D. and Souriau, J. (2011). Baisse des consommations d'eau potable et d´eveloppement durable. *Responsabilité et Environnement*, 63, 102-108. https://doi.org/10.3917/re.063.0102

Bia, S. (February 1, 2016). Allarme siccità, il Po senza acqua: quattro metri più basso della media. "Colture a rischio". *Il Fatto Quotidiano*. Retrieved from https://www.ilfattoquotidiano.it/2016/02/01/allarme-siccita-il-po-senzacqua-quattro-metri-piu-basso-della-media-colture-a-rischio/2423917

Billi, P. and Fazzini, M. (2017). Global change and river flow in Italy. *Global and Planetary Change,* 155, 234-246. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.07.008

Cahill, R. and Lund, J. (2013). Residential Water Conservation in Australia and California. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 139, 117-121. https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000225

Carra, I. (March 13, 2014). A Milano l'acqua costa il 6% in più. L'aumento è retroattivo: vale anche per il 2013. *La Reppublica.it*. Retrieved from http://milano.repubblica.it/cronaca/2014/03/13/news/a_milano_l_acqua_costa_il_6_per_cento_in_pi_l_aumento_vale_anche_per_il_2013-80920727

Carrozza, C. (2011). Italian water services reform from 1994 to 2008: decisional rounds and local modes of governance. *Water Policy, 13*(6), 751-768. https://doi.org/10.2166/wp.2011.030

Carrozza, C. and Fantini, E. (2016). The Italian water movement and the politics of the commons. *Water Alternatives, 9*(1), 99-119. http://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol9/v9issue1/306-a9-1-5/file

Chenoweth, J. (2008). Minimum water requirements for social and economic development. *Desalination*, 229, 246-256. https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.09.011

Dalhuisen, J.M., Florax, R.J.G.M., De Groot, H.L.F., and Nijkamp, P. (2003). Price and income elasticities of residential water demand: A meta analysis. *Land Economics*, *79*(2), 292-308. https://doi.org/10.2307/3146872

De Gironimo, G. (2013). Consumi di Acqua per Uso Domestico e Perdite di Rete. *IX Rapporto sulla Qualitá dell Ambiente Urbano*, Roma 11 October. Retrieved from http://www.areeurbane.isprambiente.it/it/pubblicazioni/rapporti/ix-rapporto/slide-dei-capitoli/cap-5

De Rubertis, P. (13 January, 2016). Bollette acqua, luci e ombre del nuovo metodo tariffario. Con aumenti in vista. *Il Fatto Quotidinao*. Retrieved from https://www.ilfattoquotidiano.it/2016/01/13/bollette-acqua-luci-e-ombre-del-nuovo-metodo-tariffario-e-aumenti-in-vista/2372680

Domene, E. and Sauri, D. (2006). Urbanisation and water consumption: Influencing factors in the metropolitan region of Barcelona. *Urban Studies*, *43*(9), 1605-23. https://doi.org/10.1080/00420980600749969

Donnelly, K. and Cooley, H. (2015). *Water use trends in the United States*. Retrieved from http://pacinst.org/publication/water-use-trends-in-the-united-states

Federparchi, IT (n.d.). *L'acqua nel mondo*. Retrieved from http://www.parks.it/acqua/finish/pdf/acqua.nel.mondo.e.in.italia.pdf

Galleotti, M. and Roson, R. (2012). Economic Impacts of Climate Change in Italy and the Mediterranean. Updating the Evidence. *Journal of Sustainable Development*, *5*(5), 27-41. http://dx.doi.org/10.5539/jsd.v5n5p27

García-Ruiz, J.M., López-Moreno, J.I., Vicente-Serrano, S.M., Lasanta-Martínez, T. and Beguería, S. (2011). Mediterranean water resources in a global change scenario. *Earth Science Reviews*, 105, 121-139. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.01.006

Gilg, A. and Barr, S. (2006). Behavioral attitudes towards water saving? Evidence from a study of environmental actions. *Ecological. Economics*, 57, 400-14. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.04.010

Giorgi, F. (2006). Climate Change Hot Spots. *Geophysical Research Letters*, *33*(8) LO8707, 1-4. https://doi.org/10.1029/2006GL025734

Gleick, P.T. (2003). Water Use. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 275-314. https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.040202.122849

Gregory, G.D. and Di Leo, M. (2003). Repeated behavior and environmental psychology: the role of personal involvement and habit formation in explaining water consumption. *Journal of Applied Social Psychology*, 33, 1261-1296. https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2003.tb01949.x

Hamilton, L. (1983). Saving water: a causal model of household conservation. *Sociological Perspectives*, 26, 355-374. https://doi.org/10.2307/1389190

Hotlos, H., Glowacka, J. and Kolodziej, A. (2012). Water demand variations in the water distribution system of Wroclaw. *Ochrona Srodowiska*, *34*(4), 23-28.

Instituto Nazionale di Statistica (2017). Censimento delle acque per uso civile. Retrieved from https://www.istat.it/it/archivio/acqua

Instituto Nazionale di Statistica (2017). Demografia in Cifre. Retrieved from http://demo.istat.it

International Water Association (IWA) (2014). International Statistics for Water Services. Retrieved from http://www.iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/06/International-Statistics-for-Water-Services-2014.pdf

La Repubblica (June 22, 2017). Acqua: tariffe italiane tra le più basse d'Europa, ma mancano 5 miliardi di investimenti. Retrieved from http://www.repubblica.it/economia/rapporti/osserva-italia/conad/2017/06/22/news/acqua_tariffe_italiane_tra_le_piu_basse_d_europa_ma_mancano_gli_investimenti-168711422

Lux, A. (2008). Shrinking cities and water supply. In D. Hummel (ed.). *Population dynamics and supply systems* (pp. 161-179). Frankfurt am Main: Campus Verlag.

March, H., Perarnau, J. and Sauri, D. (2012). Exploring the links between immigration, ageing, and domestic water consumption: the case of the Metropolitan Area of Barcelona. *Regional Studies*, *46*(2), 229-244. https://doi.org/10.1080/00343404.2010.487859

March, H. and Sauri, D. (2009). What lies behind domestic water use? A review essay on the drivers of domestic water consumption. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles,* 50, 297-314.

March, H. and Sauri, D. (2010). The suburbanization of water scarcity in the Barcelona Metropolitan Region: socio-demographic and urban changes influencing domestic water consumption. *The Professional Geographer*, *62*(1), 32-45. https://doi.org/10.1080/00330120903375860

March, H. and Sauri, D. (2016). When sustainable may not mean just: a critical interpretation of urban water consumption decline in the Metropolitan Area of Barcelona. *Local Environment*, *22*(5), 523-535. https://doi.org/10.1080/13549839.2016.1233528

Marconi, G. (2014). Governo urbano e immigrazione. In L. Fregolent and M. Savino (eds.). *Città e Politiche in Tempi di Crisi* (pp. 273-283). Milano: Franco Angeli.

Martire, F. and Tiberi, R. (2007). *Acqua, il consumo in Italia*. Bologna: EMI Editore.

Massarutto, A. (March 31, 2015). Acqua. Quello che ancora vorremmo sapere dall'Istat. *Lavoce.info*. Retrieved from http://www.lavoce.info/archives/34002/acqua-quello-che-ancora-vorremmo-sapere-dallistat

Milano, M., Ruelland, D., Fernandez, S., Dezetter, A., Fabre, J., Servat, E.,…and Thivet, G. (2013). Current state of Mediterranean water resources and future trends under climatic and anthropogenic changes. *Hydrological Sciences Journal, 58*(3), 498-518. https://doi.org/10.1080/02626667.2013.774458

Moss, T. (2008). Cold spots of urban Infrastructure: 'Shrinking' processes in eastern Germany and the modern infrastructural ideal. *International Journal of Urban and Regional Research, 32*(2), 436-45. https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.2008.00790.x

Nauges, C. and Reynaud, A. (2001). Estimation de la demande domestique d'eau potable en France. *Revue Economique*, 52, 167-185. https://doi.org/10.3917/reco.521.0167

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2011). *OECD Economic Surveys. Italy 2011*. http://dx.doi.org/10.1787/eco_surveys-ita-2011-en

Passino, R., Benedini, M., Dipinto, A.C. and Pagnotta, R. (1999). *Un Futuro per L'Acqua in Italia.* IRSA/CNR Report No. 109. Roma: Istituto di Recerca Sulle Acque.

Pfeffer, M. and Mayone, J. (2002). Immigrant environmental behaviors in New York city. *Social Science Quarterly*, 83, 64-81. https://doi.org/10.1111/1540-6237.00071

Poquet, G. and Maresca, B. (2006). La consommation d'eau baisse dans les grandes villes européennnes. *Consommation et Modes de Vie*, 192, unpaged.

Rogers, P., De Silva, R. and Bhatia, R. (2002). Water is an economic good. How to use prices to promote equity, efficiency and sustainability. *Water Policy*, 1, 1-17. https://doi.org/10.1016/S1366-7017(02)00004-1

Santini, M. and Rulli, M.C. (2015). Water resources in Italy: the present situation and future trends. In M. Antonelli and F. Greco (eds.). *The Water We Eat. Combining Virtual Water and Water Footprints* (pp. 139-143). https://doi.org/10.1007/978-3-319-16393-2_11

Scarascia, M.E., Di Battista, F. and Salvati, L. (2006). Water resources in Italy: Availability and agricultural uses. *Irrigation and Drainage*, *55*(2), 115-127. https://doi.org/10.1002/ird.222

Scienzia in Rete (December 31, 2010). *Climate change in Italy: what do we really know?*. Retrieved from http://www.scienceonthenet.eu/content/article/luca-carra/climate-change-italy-what-do-we-really-know/december-2010

Smith, A. and Ali, M. (2006). Understanding the impact of cultural and religious water use. *Water and Environment Journal*, *20*(4), 203-209. https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2006.00037.x

Spagnolo, M.E. (June 23, 2017). State of emergency declared in parts of Italy due to drought. *Lastampa in English.* Retrieved from http://www.lastampa.it/2017/06/23/esteri/state-of-emergency-declared-in-parts-of-italy-due-to-drought-V7qgIM89k4CmG0uLopjyCI/pagina.html

Swilling, M., Robinson, B., Marvin, S. and Hodson, M. (2013). *City-Level Decoupling. Urban resource flows and the governance of infrastructure transitions.* Paris: UNEP.

Tozzi, M. (2016). *Acqua: Risorse, consumi e problematiche in Italia*. Retrieved from http://www.toltedalcassetto.it/magra_pginfo_acqua_risorse_consumi_italia.htm

UNESCO and World Health Organization (WHO) (2015). *Progress on Sanitation and Drinking Water. 2015 Update and MDG Assessment.* Retrieved from: https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2015/12/Progress-on-Sanitation-and-Drinking-Water_234.pdf

Weisz, H. and Steinberger, J.K. (2010). Reducing energy and material flows in cities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2, 185-192. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.05.010

Wilk, R. (2006). Bottled Water. The pure commobity in the age of branding. *Journal Of Consumer Culture*, *6*(3), 303-325. https://doi.org/10.1177/1469540506068681

World Bank (2015). *Renewable internal freshwater resources per capita (cubic meters)*. Available at https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.INTR.PC

Nº 69, enero-junio de 2018, pp. 23-39.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO2018.69.02

Investigaciones Geográficas
Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante

Cita bibliográfica: García-Hernández, J. S., Díaz-Rodríguez, M. C. & García-Herrera, L. M. (2018). Auge y crisis inmobiliaria en Canarias: desposesión de vivienda y resurgimiento inmobiliario. *Investigaciones Geográficas,* (69), 23-39. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.02

Auge y crisis inmobiliaria en Canarias: desposesión de vivienda y resurgimiento inmobiliario[1]

Real estate boom and crisis in the Canary Islands: Property dispossession and the resurgence of real estate

Juan Samuel García-Hernández[2]
Mª del Carmen Díaz-Rodríguez[3]
Luz Marina García-Herrera[4]

Resumen

La región canaria es un caso particular del modelo de acumulación basado en la *financiarización* del medio construido, responsable de importantes transformaciones socioterritoriales y de la pérdida de la vivienda por parte de numerosas familias. Se analiza, a escala insular e intrainsular, la vinculación del desarrollo inmobiliario de la década de 1997-2007 con los procesos de desposesión de vivienda a partir de la crisis y la reciente reactivación de la estrategia inmobiliaria en los espacios más afectados por las ejecuciones hipotecarias. Los datos relativos a la producción y precios de las viviendas se obtienen del Ministerio de Fomento y de los Institutos de Estadística nacional y regional y los correspondientes a las ejecuciones hipotecarias del Consejo General del Poder Judicial. Los resultados señalan la existencia de modelos diferenciados en la producción de viviendas y en el volumen de ejecuciones, a escala insular. La crisis ha agravado la desigualdad territorial y la vulnerabilidad social preexistentes al incidir no sólo en los territorios turísticos y en las principales ciudades, sino también en los espacios de residencia de las clases trabajadoras como desvela el análisis intrainsular.

Palabras clave: *boom* inmobiliario; crisis; ejecuciones hipotecarias; Canarias; España.

Abstract

The Canary Islands is a special case of the accumulation model based on the financing of the built environment, which is responsible for considerable socio-spatial changes and numerous families losing their homes. The link between the real estate development, which started in the mid-1990s and the dispossession processes that have occurred since the crisis of 2007 is analysed on an island and intra-island scale; along with the recent real estate investment in the areas that have been the most affected by foreclosures. The data related to the production and prices of housing were obtained from the Ministry of Public Works and the National and Regional Statistical Institutes and those concerning the foreclosures from the General Council of the Judiciary. The results show that there are different models in the

1 Los autores agradecen el apoyo del Proyecto de Investigación I+D MINECO-Programa Retos (AEI/FEDER, UE): "Crisis y vulnerabilidad en ciudades insulares españolas. Transformaciones en los espacios de reproducción social" (CSO2015-68738-P).

Trabajo cofinanciado por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información de la Consejería de Economía, Industria, Comercio y Conocimiento y por el Fondo Social Europeo (FSE) Programa Operativo Integrado de Canarias 2014-2020, Eje 3 Tema Prioritario 74 (85%).

2 Departamento de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna, España. jgarciah@ull.edu.es
3 Departamento de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna, España. cdiazrod@ull.edu.es
4 Departamento de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna, España. lmgarcia@ull.edu.es

Recepción: 19/12/2017. **Aceptación:** 28/03/2018. **Publicación:** 13/06/2018.

Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

production of housing and in the volume of foreclosures, on an island scale. The crisis has exacerbated the pre-existing level of spatial inequality and social vulnerability by affecting not only the tourist resorts and the main cities, but also the working class residential areas as revealed by the intra-island analysis.

Key words: real estate boom; crisis, foreclosures; Canary Islands; Spain.

1. Introducción

Diversas investigaciones han demostrado que los procesos de desigualdad y la polarización social se han intensificado a la par que las prácticas neoliberales, basadas en el funcionamiento de un mercado no regulado y sin 'injerencias estatales', se han extendido a nivel global desde 1980 (Harvey, 2007; Aalbers, 2009; Theodore, Peck y Brenner, 2009; Janoschka, 2011). En ese contexto, al tiempo que la propiedad privada se libera de forma progresiva de la interferencia de las administraciones públicas, estas lo hacen de sus obligaciones colectivas mediante políticas que facilitan las transformaciones que reclaman los mercados. Estas formas de proceder adquieren especial relevancia en las zonas urbanas y turísticas, donde las políticas urbanas han favorecido las prácticas especulativas en torno al suelo y la vivienda.

En España, desde mediada la década de 1990, el sometimiento de la vivienda a las lógicas del mercado se traduce en un incumplimiento por parte de la Administración del marco legal establecido[5]; pues al tiempo que decrece la acción estatal en la producción de vivienda y se debilita su necesaria función social, se propicia y fortalece su mutación en un objeto de inversión a través de cambios legislativos y de la práctica urbanística (Burriel, 2008; López, 2014; Méndez y Plaza, 2016). Esa dejación de funciones por parte del Estado y de las administraciones locales ha debilitado la concepción de la vivienda como bien de interés social, integrado en el marco general de defensa del derecho a la ciudad (Lefebvre, 1976). En definitiva, hasta 2007 se expande un modelo de acumulación basado en la primacía de los activos financieros e inmobiliarios, mediante la emisión de títulos hipotecarios para bienes raíces residenciales (Aalbers, 2009), y con la protección institucional, a través de políticas públicas que propiciaron y alentaron la expansión inmobiliaria (Burriel, 2008; Méndez y Plaza, 2016; Gutiérrez y Declòs, 2017). Aunque tal forma de actuar ha sido denunciada por distintas instituciones y organizaciones —Amnistía Internacional o la Plataforma de Afectados por la Hipoteca—, en particular a partir de la crisis, lo cierto es que las medidas regresivas en materia de vivienda han sido la tónica hasta hoy, sobre todo si se tiene en cuenta que entre 2008 y 2015 el gasto público en este capítulo se redujo en más del 50% (Observatorio de la Sostenibilidad, 2016) y que la construcción de vivienda protegida entre 2006 y 2015 se contrajo un 95%[6] (Ministerio de Fomento, 2016).

Una dimensión clave de la supremacía de ese modelo de creación y consumo de riqueza financiada por la deuda es la apuesta decidida por la vivienda en propiedad. Una política que en España hunde sus raíces en el periodo pre-democrático y que se mantiene hasta hoy, dada la evidente ausencia de apoyo institucional al alquiler[7] (López, 2014); durante el ciclo alcista la consolidación y generalización de la propiedad inmobiliaria actuó como mecanismo para la creación de una demanda efectiva, imprescindible para garantizar la circulación y realización del capital (López y Rodríguez, 2011; Vives-Miró y Rullán, 2014; Méndez y Plaza, 2016).

La creciente captación de fondos financieros y su inversión en el negocio inmobiliario, en un contexto en el que la titulización hipotecaria y el endeudamiento se convierten en protagonistas de la vida económica y social, se encuentra en el origen de la crisis inmobiliaria y de los procesos de desposesión de viviendas desencadenados a partir de 2007. El interés particular por las ejecuciones hipotecarias se justifica por el hecho de que los desahucios resultantes adquieren en España una magnitud muy superior a la del resto de los estados europeos y son sin lugar a dudas uno de los efectos más deplorables de la crisis actual (Méndez y Plaza, 2016; Gutiérrez y Declòs, 2017; Gutiérrez y Domènech, 2017).

El objetivo del trabajo es examinar las especificidades del *boom* inmobiliario y las manifestaciones más relevantes de su crisis en Canarias. Con esa finalidad se analiza el alcance insular de la dinámica inmobiliaria, considerando los vínculos entre la producción de viviendas durante el *boom* y los procesos de desposesión mediante ejecuciones hipotecarias que se desatan tras la crisis. La hipótesis que se explo-

5 Artículo 47 de la Constitución Española que regula el derecho a la vivienda.

6 En valores absolutos supone pasar de 97.617 viviendas iniciadas en 2006 a 5.306 de 2015.

7 Las ayudas directas e indirectas y las desgravaciones fiscales del Estado y las CCAA. han hecho más rentable la opción de compra que el alquiler (López, 2014). Resulta también sintomático que el Ministerio de Fomento destine para el periodo 2012-2024, en el Plan de Infraestructuras, Transportes y Vivienda (PITVI), más del 90% del presupuesto a transportes y asigne una proporción mínima a la vivienda.

ra es si la crisis, en lugar de constituir una oportunidad de reflexión y cambio, profundiza en la misma estrategia de acumulación para reestablecer la circulación de capital.

La relevancia como caso de estudio del archipiélago canario se sustenta en varios aspectos. De un lado, en la magnitud que alcanzan en algunas áreas insulares las ejecuciones hipotecarias —similar a las de las zonas más afectadas del país—[8], con una importante desigualdad estructural durante la expansión inmobiliaria que se ha agravado tras la crisis como resultado del empeoramiento en la precariedad e indefensión de los grupos más desfavorecidos[9].

Un segundo aspecto de interés es la utilización de un análisis escalar —regional, insular y partidos judiciales— que supone un acercamiento a la dimensión territorial de las ejecuciones hipotecarias, es decir, a las 'geografías de la desposesión' (Méndez, 2017, p. 10) lo que permite afinar su interpretación en realidades insulares contrastadas. Por último, es oportuno indicar que si bien el análisis geográfico de la crisis inmobiliaria ofrece aportaciones interesantes en diversos contextos espaciales (Aalbers, 2009; Coq-Huelva, 2013; Burriel, 2014), el interés científico por los procesos de desposesión asociados a la vivienda es reciente y son todavía escasas las investigaciones sobre el particular (Obeso, 2014; Méndez y Plaza, 2016; Gutiérrez y Declós, 2017; Vives-Miró, Rullán y González, 2017; Méndez, 2017). Lo es aún más si cabe en el archipiélago canario, donde se cuenta solo con un análisis preliminar sobre la incidencia de la desposesión en la intensificación de la crisis social (Díaz-Rodríguez, Ginés de la Nuez, García-Hernández y Armas-Díaz, 2017).

El trabajo se organiza tras la introducción, en la que se exponen los objetivos y la hipótesis, en un apartado inicial sobre la metodología, seguido por uno central de resultados y se cierra con la discusión y las conclusiones generales. Los resultados se centran en tres aspectos fundamentales. El primero analiza el escenario de *financiarización* de la vivienda y de la expansión inmobiliaria previo a la crisis, al tiempo que se contextualizan las ejecuciones hipotecarias como uno de los mecanismos de acumulación por desposesión. El segundo, trata la incidencia de la crisis inmobiliaria a escala insular e intrainsular y, por último, el tercero identifica aquellos territorios insulares que en el contexto de 'postcrisis' tienden a reproducir las estrategias de acumulación anteriores, esto es, propiciando nuevamente un crecimiento sustentado en el desarrollo inmobiliario como fórmula para el restablecimiento de la circulación de capital.

2. Metodología

El análisis realizado se fundamenta, por un lado, en las estadísticas que proporcionan el Ministerio de Fomento, el Instituto Nacional de Estadística (INE) y el Instituto Canario de Estadística (ISTAC) sobre la producción y precios de las viviendas, y, por otro, en los informes del Movimiento de Asuntos Civiles del Consejo General del Poder Judicial (CGPJ) en los que se aportan, a escala de partido judicial, las demandas de ejecuciones hipotecarias ingresadas en los Juzgados de Primera Instancia y de Primera Instancia e Instrucción. En el primer caso, y con el objetivo de determinar las similitudes y diferencias en el proceso de expansión inmobiliaria entre Canarias y España se trabaja con la información del periodo 1996-2007, es decir, el que corresponde con la fase alcista del ciclo económico. Los datos que suministran, en este caso, el Ministerio de Fomento y el INE han servido para determinar, respectivamente, por un lado, la evolución del número de viviendas libres iniciadas durante la etapa expansiva y, por otro, para conocer la evolución, en ese mismo periodo, de sus precios por m^2. A partir de esta información básica y mediante el empleo de un índice de variación que posibilita comparar la trayectoria de magnitudes absolutas muy contrastadas, se valoran los comportamientos registrados por ambas variables.

El análisis sobre el alcance que adquiere la producción inmobiliaria y los procesos de desposesión de vivienda que implican las ejecuciones hipotecarias a escala insular y de partido judicial, tiene por objeto examinar y cartografiar la distribución espacial de ambos procesos. Con esa finalidad se ha consultado para el periodo 2001-2015, por un lado, la información que proporciona el ISTAC sobre el total anual de viviendas construidas y, por otro, la que aporta el CGPJ sobre las demandas de ejecuciones hipotecarias.

8 Los trabajos previos de Obeso (2014) y Méndez y Plaza (2016) aportan evidencias en tal sentido al indicar que tres de los partidos judiciales del archipiélago se sitúan entre los que registran las tasas de ejecuciones hipotecarias más elevadas a nivel nacional.

9 Según la Encuesta de Condiciones de Vida (ECV) de 2015 y 2016, Canarias ocupa la primera posición entre las CCAA por el porcentaje de hogares con dificultades económicas. La región duplica los valores del conjunto nacional en el caso de los hogares con retrasos en los pagos relacionados con la vivienda principal y en los que declaran tener muchas dificultades para llegar a fin de mes. Otras fuentes sitúan también a Canarias en el primer lugar por el porcentaje de hogares en situación de privación material severa y sin ingresos (Fundación FOESSA, 2016). Por último, es asimismo relevante que en el informe AROPE de 2017 (Llano, 2017), Canarias sea, con un 44,6% de su población, la comunidad con mayor tasa de riesgo de pobreza y exclusión social a distancia considerable del 27,9% del país.

El examen de ambas series permite mostrar la dispar conducta de la producción inmobiliaria y de las ejecuciones hipotecarias antes y después de la crisis. El interés y la utilidad de estas estadísticas oficiales del CGPJ —el organismo principal que recopila y publica información sobre estos actos judiciales— se ha demostrado en diferentes investigaciones (Obeso, 2014; Méndez y Plaza, 2016; Díaz-Rodríguez *et al.*, 2017; Méndez, 2017) en las que se ha puesto el acento en el hecho de que su uso está más que justificado por ser las únicas que ofrecen una cierta desagregación espacial —partidos judiciales—, una serie temporal relativamente amplia —los años previos y posteriores a la crisis de 2007— (Méndez y Plaza, 2016) y la posibilidad de efectuar comparaciones en los distintos territorios españoles (Méndez, 2017). Por último, el análisis de la producción de viviendas y de los desalojos por ejecución hipotecaria se lleva a cabo mediante el empleo de frecuencias o tasas por mil habitantes. Este modo de proceder, común al empleado en otros trabajos (Obeso, 2014; Méndez y Plaza, 2016; Díaz-Rodríguez *et al.*, 2017), evita extraer conclusiones erróneas como las que resultarían de identificar los territorios más poblados —en los que el tamaño demográfico es determinante en estos casos—, con aquellos que ofrecen mayor densidad o intensidad en los dos fenómenos objeto de estudio.

3. Resultados

La *financiarización* del entorno construido y, en particular, de la vivienda ha sido una de las principales herramientas ejecutoras del proyecto de neoliberalización, al tiempo que una dimensión clave de las transformaciones socioterritoriales recientes y de la crisis global (García, 2010; Coq-Huelva, 2013; Vives-Miró *et al.*, 2017). Para comprender el papel de la *financiarización* en la crisis inmobiliaria es oportuno tener presente que la facilidad de acceso a créditos de alto riesgo —promovida por las entidades financieras con la connivencia de las instituciones públicas y la permisividad de la ley hipotecaria—, se halla en la base de un elevado nivel de endeudamiento difícilmente sostenible en coyunturas desfavorables (Gutiérrez y Declòs, 2017).

La consideración del suelo y de la vivienda como bienes de inversión y su incorporación como activos financieros a los circuitos globales mediante la adquisición de títulos hipotecarios, situó al sector inmobiliario del país, incluso antes de la aceleración que se inicia en 1996, en uno de los más rentables del planeta (López y Rodríguez, 2011) y, por tanto, es fácil entender su conversión, desde esa fecha, en un nodo principal del circuito de acumulación a escala global (Harvey, 2012; Vives-Miró y Rullán, 2014; Charnock, Purcell y Rivera-Fumaz, 2015). Se ha señalado, con acierto, que la expansión del medio construido vinculada a la especulación inmobiliaria se halla en la base de las múltiples contradicciones, de los colapsos económicos y de las crisis que afectan periódicamente al capitalismo, al tiempo que la hiperproducción de viviendas ha constituido un aspecto esencial en la supervivencia del sistema (Harvey, 2007; Sevilla-Buitrago, 2015). Así pues, la recuperación económica que experimenta el país desde 1996 no se puede explicar sin tener en cuenta las 'nuevas rondas de desarrollo inmobiliario e ingeniería financiera' internacionales que resolvieron aunque de modo provisional, como demuestra la crisis de 2007, algunas de las contradicciones que implicaba la implementación de las recetas neoliberales (López y Rodríguez, 2011).

3.1. Financiarización del entorno construido, boom inmobiliario y acumulación por desposesión

Para contextualizar la magnitud de la crisis inmobiliaria conviene esbozar algunos rasgos de la realidad previa. Desde finales del siglo XX hasta el año 2007, se produjo en algunos países del sur de Europa una expansión urbanística sin precedentes, que alcanzó dimensiones especialmente reseñables en el caso español[10]. Los efectos perniciosos de ese *boom* han sido examinados desde diversos puntos de vista: medioambiental, paisajístico, político, territorial, socioeconómico, etc. En ese contexto, han surgido aportaciones y reflexiones de interés que vinculan las dimensiones territorial y social. Ello permite valorar la desigual incidencia de la expansión y posterior crisis inmobiliaria en las condiciones de vida de los residentes en los distintos lugares. Se ha constatado que las prácticas neoliberales, al sustituir las lógicas regulatorias redistributivas por las competitivas (Theodore *et al.*, 2009), además de erosionar los mecanismos de solidaridad y reducir la protección social, aumentan la vulnerabilidad de los grupos sociales con menor capacidad económica, afectando a sus espacios de vida (Smith, 2010; Méndez y Prada-Trigo,

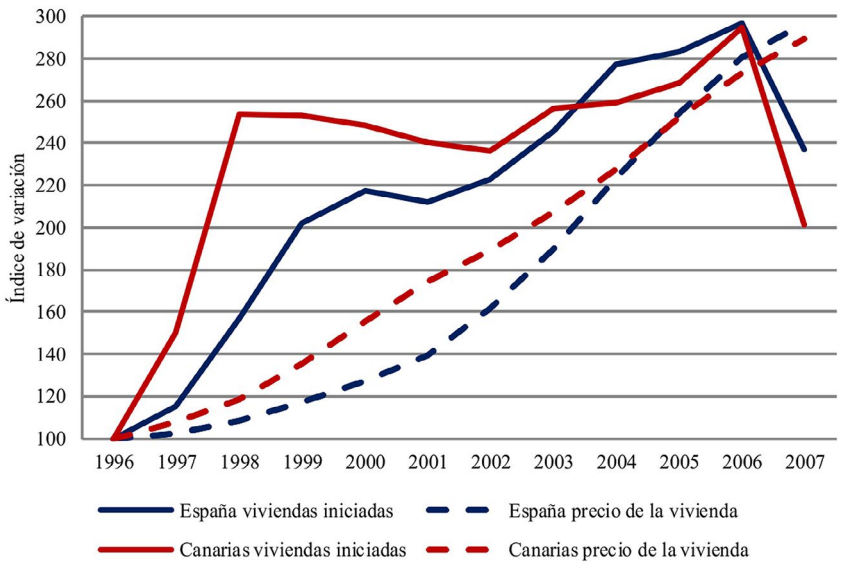
10 En ese periodo se produce en España un notable incremento del número de viviendas iniciadas, con un máximo de más de medio millón cada año entre 2003 y 2007; cifra muy superior a las registradas por otros países europeos (Novoa y López, 2007). Según EUROSTAT, España es desde entonces uno de los países con más viviendas por cada mil habitantes y, según el Banco de España, el que construye más en esos años, con 9,1 viviendas por mil habitantes/año, superior a la media europea de 5,7 (Observatorio de la Sostenibilidad, 2015).

2014). En este sentido el despliegue del urbanismo empresarialista, es decir, cuando los gobiernos locales se convierten en promotores económicos y abandonan su inexcusable función de gestores de la distribución de bienes y servicios públicos, es un elemento esencial (Harvey, 1989; Lois, Piñeira y Vives-Miró, 2016). De igual modo, la progresiva deslegitimación del planeamiento como elemento de control de la magnitud y ubicación de la producción inmobiliaria, ha facilitado la sobreproducción de infraestructuras y espacios edificados y, en definitiva, crecimientos desorbitados, desordenados y dirigidos más por los intereses privados que por las necesidades colectivas (Burriel, 2008; Sevilla-Buitrago, 2015; Roch, 2015).

El comportamiento de la producción inmobiliaria en la fase expansiva del ciclo es una de las variables más destacadas a la hora de explicar la desigual intensidad que adquieren los problemas socioterritoriales generados cuando se desploma el mercado. En este sentido, resulta relevante el análisis comparado de la evolución que experimentan, entre 1996 y 2007, la construcción de nuevas viviendas y la variación de sus precios en España y en Canarias.

Durante los últimos años del siglo XX y los primeros del actual la intensidad de la actividad constructiva situaba a España en la primera posición entre los países de la UE por el número de viviendas por cada mil habitantes, por el volumen de las construidas en relación con el incremento del número de hogares[11] y por el aumento que experimentaban sus precios. Dos apuntes al respecto: tan sólo entre 2000 y 2001 se construyeron como media un 152% más de las viviendas necesarias para satisfacer la demanda de nuevos hogares, al tiempo que en el año 2000 la subida del precio se cifró en el 4,9%, frente a la media del 3,2% de la UE (Díaz-Rodríguez, 2003). Ese destacado dinamismo constructivo, ya muy apreciable en España es, sin embargo, sensiblemente inferior al registrado por Canarias (gráfico 1), tanto en términos de viviendas construidas como de incrementos de sus precios. Los índices de variación que en ambos casos presenta el archipiélago se mantienen desde 1996 hasta los primeros años del siglo actual (2003-2004) muy por encima de los nacionales, lo que constituye una muestra de la potencia que alcanza el proceso inmobiliario en la región[12]. En cuanto a la evolución de los precios conviene recordar que entre 1996 y 2001, coincidiendo con los primeros años del despegue del *boom* inmobiliario, Canarias fue como consecuencia de la competencia de la construcción turística y de la residencia secundaria la comunidad que, tras Baleares, experimentó mayor aumento de precios (80%) y que sólo en 2001 los de la vivienda nueva subieron como media un 12,4% (Ibid).

Gráfico 1. Índices de variación (1996 = 100) del número de viviendas libres iniciadas y de sus precios por m^2, en España y Canarias entre 1996 y 2007



Fuentes: Ministerio de Fomento. Vivienda libre. Series anuales. Número de viviendas libres iniciadas, e INE. Estadísticas de la construcción. Precio de las viviendas. Elaboración propia.

11 Entre 1996 y 2007 se inician en España casi 6 millones de viviendas (Ministerio de Fomento).

12 Entre 1996 y 2007 en Canarias se inician cerca de 300.000 viviendas, en torno a los niveles de crecimiento de la orla mediterránea y balear, solo superadas por las grandes áreas metropolitanas (Ministerio de Fomento).

En Canarias la potencia que alcanzó la expansión inmobiliaria tiene su origen tanto en factores locales como globales. Un importante volumen de capital global, con significativa presencia de capitales alemanes, se canalizó hacia el sector de la construcción en España desde 1998 y especialmente hacia las zonas de turismo de masas, como Canarias y Baleares (Charnock *et al*, 2015). En este sentido, llama la atención el hecho de que, entre 1996 y 2007, aunque la inversión bruta extranjera parte de valores absolutos similares en ambos archipiélagos, en Baleares solo se duplica mientras que en Canarias se multiplica por 8 durante esa década (Instituto Canario de Estadística-ISTAC). Este relevante flujo de capitales coincidió durante este mismo periodo con la recepción de fondos estructurales europeos y la creación de la Reserva de Inversiones de Canarias (RIC), un instrumento fiscal que ha dirigido buena parte de las exenciones empresariales hacia la inversión inmobiliaria (García-Herrera, 2005; Gómez, 2001). La actividad constructiva se concentró en cuatro de las islas (Gran Canaria, Tenerife, Fuerteventura y Lanzarote), de manera destacada en los ámbitos metropolitanos y los municipios turísticos (García-Herrera, 2005).

Uno de los resultados de estas dinámicas fue el destacado incremento del precio medio de la vivienda en Canarias. No se puede olvidar el hecho de que en los inicios del siglo actual, esta región era una de las que destinaba mayor porcentaje de renta familiar para adquirir una vivienda, pues al tiempo que ocupaba uno de los últimos lugares en el contexto autonómico por la cuota de participación de la vivienda pública en el total construido, destacaba por registrar menores salarios medios, mayores tasas de paro y superiores porcentajes de empleos precarios y a tiempo parcial (Diaz-Rodríguez, 2003). En definitiva, un cúmulo de desventajas que reflejaban una situación crítica en la que la *financiarización* de la economía se producía simultáneamente con la 'bancarización de los hogares' (Rehner y Rodríguez-Leiva, 2017 p. 187) y el consecuente riesgo de endeudamiento financiero que asumían al recurrir al crédito como su única posibilidad para acceder a una vivienda.

El estallido de la crisis ha evidenciado las debilidades del modelo basado en la inversión inmobiliaria y en la expansión del crédito hipotecario. Tal y como se ha indicado, el escenario a partir de 2007 presenta graves problemas cuyas raíces se encuentran en el periodo de hiperproducción inmobiliaria previo (Gutiérrez y Declòs, 2017; Rehner y Rodríguez-Leiva, 2017). Algunas de las dificultades derivadas del modelo auspiciado en la fase de expansión son el elevado volumen de viviendas vacías, la proliferación de 'desiertos urbanizados' sin edificar (Burriel, 2014) y la propagación de los desahucios a través de las ejecuciones hipotecarias. En esa fase de crecimiento se gesta, como indican Vives-Miró y Rullán (2014), el paso del contexto de reproducción ampliada del capital al régimen que Harvey denomina 'acumulación por desposesión'. Esta nueva realidad es consecuencia del agotamiento de las posibilidades de acumulación a través del circuito secundario y ha dado lugar a un nuevo ciclo que, para evitar el desmembramiento del sistema neoliberal, introduce modificaciones con graves consecuencias para los grupos más vulnerables (Harvey, 2004). Se inicia, pues, la etapa de austeridad con el debilitamiento del sistema de protección institucional previo a la crisis —desmantelamiento del bienestar vía recortes sociales— y, además, se impulsa una gestión de la deuda en la que la recapitalización y reestructuración del sistema financiero con fondos públicos, se convierte en prioritaria frente a la recuperación económica y social de la colectividad[13] (Rodríguez y López, 2011; Cavero, 2013). La crisis se transforma, por tanto, en la justificación empleada para la intensificación actual de los procesos de neoliberalización (Aalbers, 2013), es decir, para una 'neoliberalización profundizada' que se materializa en la socialización de las pérdidas mediante el rescate estatal, las medidas de austeridad fiscal —prestaciones sociales condicionadas— e inhibición de la administración ante los dramas sociales que provoca la crisis. A ello se suma el debilitamiento de la acción del planeamiento y un urbanismo crecientemente guiado por los intereses empresarialistas (Sevilla-Buitrago, 2015; Méndez, 2017). Entre las dinámicas de desposesión destacan las ejecuciones hipotecarias por sus notorias repercusiones sociales, al tiempo que se postulan como un indicador indispensable para examinar el desigual impacto territorial de la crisis inmobiliaria (Méndez y Plaza, 2016; Gutiérrez y Declòs, 2017).

13 La nacionalización de la deuda del sector financiero se efectúa mediante la reestructuración del sistema bancario español con fondos procedentes de Europa. En 2009 España 'era el país de la OCDE que más dinero público había destinado a salvar al sector inmobiliario, un 2% de su PIB, cuatro veces más que Estados Unidos, el doble que Irlanda y seis veces más que el Reino Unido' (Rodríguez y López, 2011, p. 58). Asimismo, la participación pública en la Sociedad de Gestión de Activos procedentes de la Reestructuración Bancaria (SAREB) es paradigma de los nulos mecanismos desarrollados para que, al menos, una parte del parque de viviendas gestionado por el 'banco malo' cubra las imperiosas necesidades habitacionales. De este modo, se consigue que las deudas del negocio inmobiliario se sufraguen con fondos públicos (Vives-Miró y Rullán, 2014; Gutiérrez y Domènech, 2017).

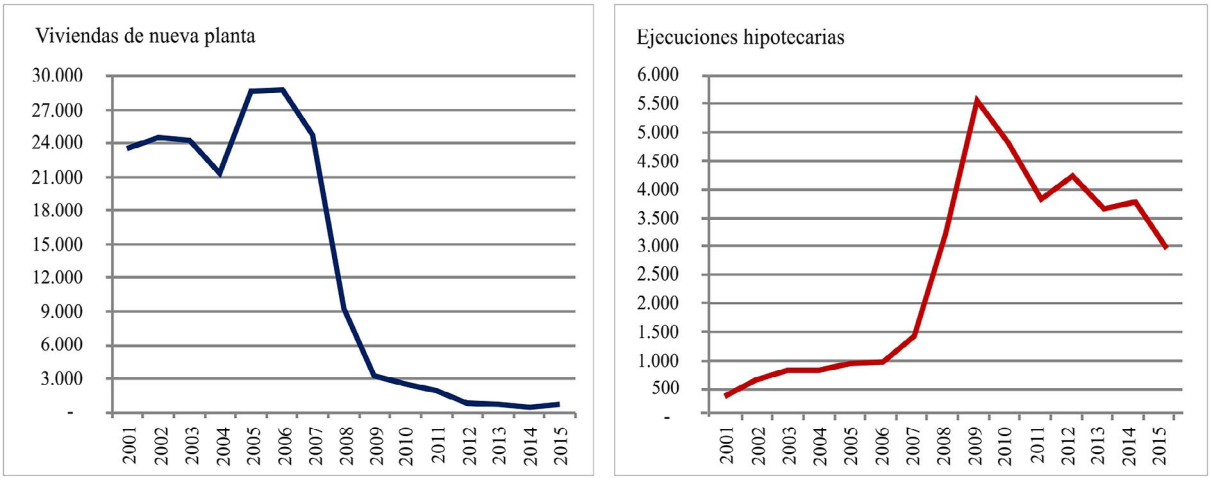
3.2. Territorialidad de la crisis inmobiliaria y desposesión de vivienda en Canarias

Como ha indicado Aalbers (2009), la comprensión de los procesos actuales requiere un conocimiento espacializado de los vínculos entre el contexto global y los escenarios locales. Desde esta perspectiva, conviene recordar que las sucesivas crisis del capitalismo global aportan evidencias de que la supuesta desaparición de las diferencias espaciales entre territorios, como resultado del efecto homogeneizador del mercado, ha sido una de las falacias del discurso de la globalización neoliberal (Janoschka, 2011). En el marco de esta compleja interacción que introduce la lógica neoliberal entre los procesos globales y sus manifestaciones locales, se inserta la idea de la *glocalización* que reconoce que los procesos globales ejercen su influencia a escala local, pero provocan resultados muy desiguales en función del ámbito de acción, lo que explica la distinta fragilidad o resistencia locales ante situaciones extremas (Sassen, 1991; Beck, 1999; Robertson, 2005; Méndez, 2015). La crisis ha tenido consecuencias de sobra conocidas en el retroceso de las condiciones de vida de una parte de la sociedad española, pero posee también una indudable dimensión espacial, materializada en su desigual impacto en los diferentes territorios, que precisa aún de aportaciones a diferentes escalas que permitan descubrir o contrastar algunas de sus claves interpretativas (Méndez y Prada-Trigo, 2014). En definitiva, se asume que el análisis de los procesos sociales y en este caso particular de la desposesión de vivienda, no se debe desligar de la consideración de sus diferentes escenarios de reproducción, pues estos aportan información de indudable valía para la explicación individualizada de fenómenos socioterritoriales que se manifiestan con diferente intensidad en las distintas escalas.

3.2.1. Expansión inmobiliaria y ejecuciones hipotecarias a escala insular

Durante el primer quinquenio del siglo XXI, el archipiélago canario muestra los elevados niveles de crecimiento inmobiliario propios de la etapa alcista de la economía que caracteriza al país desde 1996. La producción de nueva vivienda en la región (gráfico 2) alcanza su máximo en 2006 con un total de 28.798 viviendas iniciadas y un incremento relativo del 20% desde 2001. A partir de esa fecha se produce, primero, un brusco y rápido desplome que reduce la cifra a 9.260 nuevas viviendas en 2009 —casi un 70% menos de las iniciadas sólo tres años antes— y, después, una retracción continua hasta las 394 registradas en 2014.

Gráfico 2. Evolución del número de viviendas construidas y de ejecuciones hipotecarias ingresadas en Canarias entre 2001 y 2015

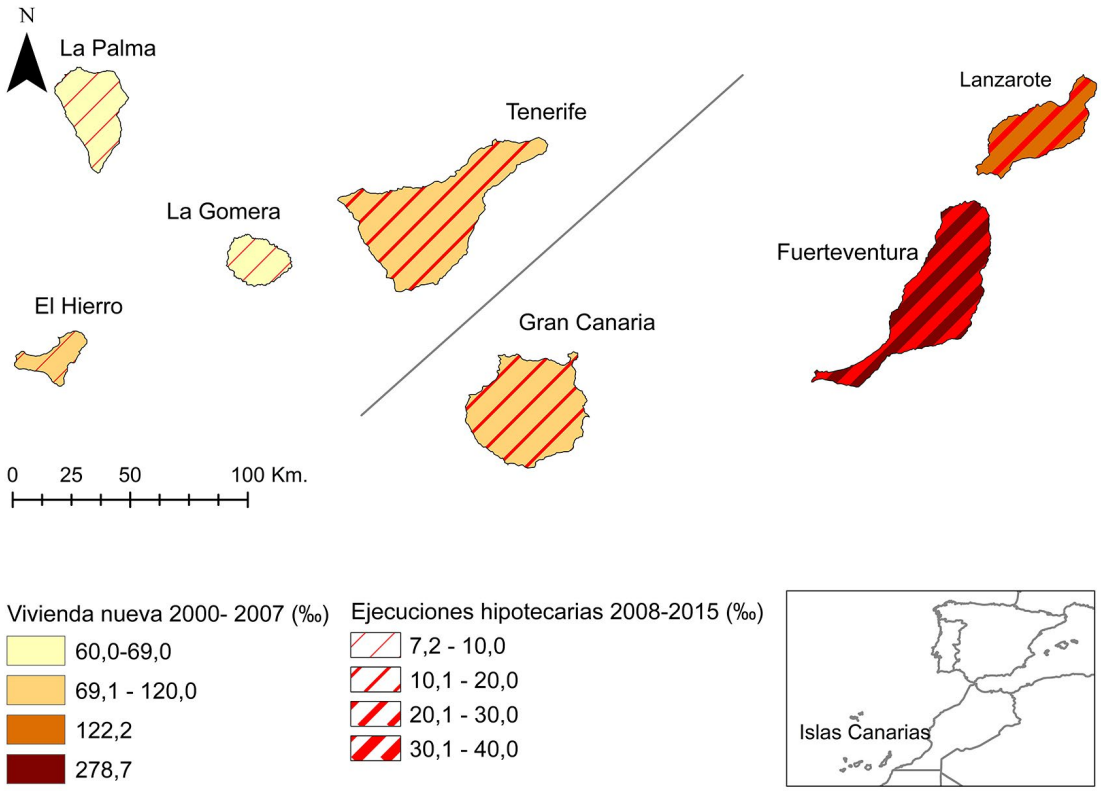


Fuentes: ISTAC. Estadística de Construcción de Edificios: Licencias Municipales de obras/ Series anuales y CGPJ. Ejecuciones hipotecarias ingresadas. Elaboración propia.

A diferencia de la trayectoria que registra la producción de viviendas, se advierte un comportamiento inverso en esos quince años de las ejecuciones hipotecarias ingresadas (gráfico 2). En la fase económica favorable este procedimiento judicial se sitúa en niveles muy bajos y es relativamente poco importante. De hecho, aunque su crecimiento es continuo, en Canarias no se supera el millar de ejecuciones hipotecarias anuales hasta 2007. A partir de ese año, la caída en la producción de viviendas va unida al incremento del volumen de ejecuciones hipotecarias, cuyo número se multiplica por ocho entre 2007 y 2009,

registrando en ese último año un máximo de 5.551 lo que representa un incremento porcentual del 300%. Desde entonces y hasta 2015, aunque las cifras se mantienen por encima de las tres mil anuales, tiende a disminuir su número y su peso relativo.

Figura 1. Producción de nueva vivienda (en ‰) entre 2000 y 2007 y tasa de ejecuciones hipotecarias ingresadas (en ‰) entre 2008 y 2015 en Canarias



Fuentes: ISTAC. Estadística de Construcción de Edificios: Licencias Municipales de obras/ Series anuales y CGPJ. Ejecuciones hipotecarias ingresadas. Elaboración propia.

El análisis insular de las ejecuciones hipotecarias aporta evidencias de que las islas que han optado por modelos de crecimiento muy especializados en el sector turístico-inmobiliario son las que presentan las mayores dificultades en las coyunturas desfavorables. La magnitud que alcanzó la producción de viviendas durante el ciclo expansivo sitúa a las islas orientales de Fuerteventura y Lanzarote entre las más afectadas por las ejecuciones hipotecarias a partir de la crisis (figura 1). Fuerteventura constituye el caso extremo en tal sentido, pues con una tasa de creación de nuevas viviendas del 278‰ en el periodo pre-crisis y del 35,5‰ de ejecuciones hipotecarias entre 2008 y 2015, se posiciona en niveles de afectación similares a los de algunas de las áreas más perjudicadas del litoral mediterráneo o de la periferia de Madrid (Obeso, 2014; Burriel, 2014; Méndez y Plaza, 2016; Gutiérrez y Domènech, 2017). Se trata, en efecto, de un territorio donde el desarrollo turístico-inmobiliario ha alcanzado una dimensión insular y cuyo fuerte crecimiento demográfico y económico inicial va seguido de una recesión que adquiere dimensiones notables. En el extremo opuesto se hallan las islas occidentales no capitalinas de La Palma, La Gomera y El Hierro que, con economías de base agraria, presentan un crecimiento inmobiliario más controlado[14] y una reducida proporción de ejecuciones hipotecarias[15]. Por último, las islas centrales de Tenerife y Gran Canaria se sitúan en

14 Es preciso aclarar que, según el informe de la empresa de tasación Tinsa (Radiografía del stock de la vivienda 2015) el 90% de la producción de vivienda en esta provincia se concentró en la isla de Tenerife. http://eldia.es/canarias/2015-12-28/1-Archipielago-cuenta-viviendas-vacias.htm

15 La Palma, La Gomera y El Hierro ofrecen valores modestos en la frecuencia de viviendas por cada mil habitantes durante la fase del boom (62,2‰, 65,9‰ y 89,9‰ respectivamente) y también son reducidas las tasas de ejecuciones hipotecarias a partir de 2008 (7,2‰, 9,8‰ 7,3‰ respectivamente).

un punto intermedio. En ellas, la escala insular oculta realidades locales contrastadas que se deben evaluar descendiendo, al menos, a la escala del partido judicial[16], que se examina a continuación. Se evidencia, por tanto, que la diferente especialización económica insular se traduce, de un lado, en una desigual importancia de los procesos de expansión inmobiliaria en la etapa de crecimiento y, de otro, en la distinta incidencia en el volumen y ritmo de incremento de las ejecuciones hipotecarias a partir de la crisis.

El comportamiento de las diferentes islas ejemplifica bien los procesos generales que se han observado en otras escalas de análisis, pues los territorios que experimentaron un intenso desarrollo y expansión del crédito inmobiliario, han sido los que también conocen un acelerado incremento de los desahucios desde 2007. A partir de ese momento, muchas de las familias que en la fase previa accedieron a una vivienda mediante un préstamo hipotecario, son expulsadas de su domicilio ante la imposibilidad de continuar asumiendo el pago de la deuda contraída, lo que ha generado situaciones de emergencia social, en particular, en los espacios más afectados (López, 2014).

3.2.2. Tenerife y Gran Canaria: la vulnerabilidad en los espacios de reproducción social

Las razones de la existencia a escala intrainsular de territorios desigualmente vulnerables ante situaciones adversas pueden ser múltiples[17]. Durante los últimos años, si bien es cierto que las personas han tenido que hacer frente a las distintas consecuencias derivadas de la crisis, como el desempleo, el empleo precario, la pérdida de poder adquisitivo, la inseguridad económica familiar, la privación material severa, la pobreza y la exclusión social (Piñeira, González y Lois, 2017), también lo es, que la intensidad de estos procesos no ha sido la misma, ni ha afectado por igual a los residentes en los diferentes territorios. En este sentido, la existencia de claves locales, junto a procesos acumulados en el tiempo y derivados de las trayectorias específicas son factores que contribuyen a explicar la dispar resistencia y reacción ante situaciones complicadas (Méndez y Prada-Trigo, 2014). Es por ello que el análisis de las ejecuciones a la escala de partidos judiciales ofrece una visión más precisa y acertada del fenómeno que la que permiten las escalas insular, provincial o autonómica (Obeso, 2014).

El análisis intrainsular de las ejecuciones hipotecarias para el caso de Canarias solo es posible para las islas centrales de Tenerife y Gran Canaria, pues son las únicas que por sus cifras de habitantes requieren una división de sus respectivos territorios en varios partidos judiciales[18]. En términos generales, se aprecia que son los partidos situados en la vertiente sur de ambas islas, los que concentran la mayor proporción de ejecuciones en relación con su población (figura 2). Sobresalen en este sentido los de Arona, Granadilla de Abona y Güímar en Tenerife y los de San Bartolomé de Tirajana y Telde en Gran Canaria. Sus tasas de ejecuciones hipotecarias destacan en el contexto insular y evidencian que la hipertrofiada actividad constructiva que se desata con el boom turístico-inmobiliario del archipiélago entre 1998 y 2008 —a raíz de las desmedidas expectativas de crecimiento de su planta alojativa— (Simancas, García, Dorta y Falero, 2011)[19], son un factor clave para explicar sus abultadas tasas, con valores del orden del 19,7‰ y 20,7‰ para el periodo 2008-2015 en Arona y San Bartolomé de Tirajana respectivamente.

Una lectura particular merece el caso de Granadilla de Abona que se sitúa por la importancia que adquieren las ejecuciones hipotecarias (35,7‰), en el segundo lugar del archipiélago, tras el partido judicial de ámbito insular de la isla de Fuerteventura (Puerto del Rosario). Este sector en el sur de Tenerife constituye una buena muestra de un aspecto esencial del proceso de desposesión, pues permite confirmar que afecta de un modo especialmente intenso a las áreas de alojamiento de las clases trabajadoras —espacios de reproducción social—. El crecimiento demográfico e inmobiliario que experimenta este ámbito insular se relaciona con el hecho de que su actividad y su población orbitan alrededor de los centros turísticos próximos. Asume, pues, desde los primeros impulsos del turismo en la década de 1970,

16 Tenerife registra entre 2000-2007 una tasa del 112,4‰ de nuevas viviendas realizadas y un 15,9‰ de ejecuciones hipotecarias entre 2008 y 2015. Gran Canaria ofrece, en iguales periodos, tasa más discretas, del 69,2‰ y del 11,8‰ respectivamente.

17 El término vulnerabilidad puede ser utilizado para referirse a aquella persona, grupo social o territorio con alta probabilidad de verse afectado por algún tipo de daño como efecto de una elevada exposición a situaciones adversas que escapan de su control o como resultado de su indefensión, reducida capacidad de respuesta o falta de apoyo externo para atenuar los daños provocados (Méndez y Prada-Trigo, 2014).

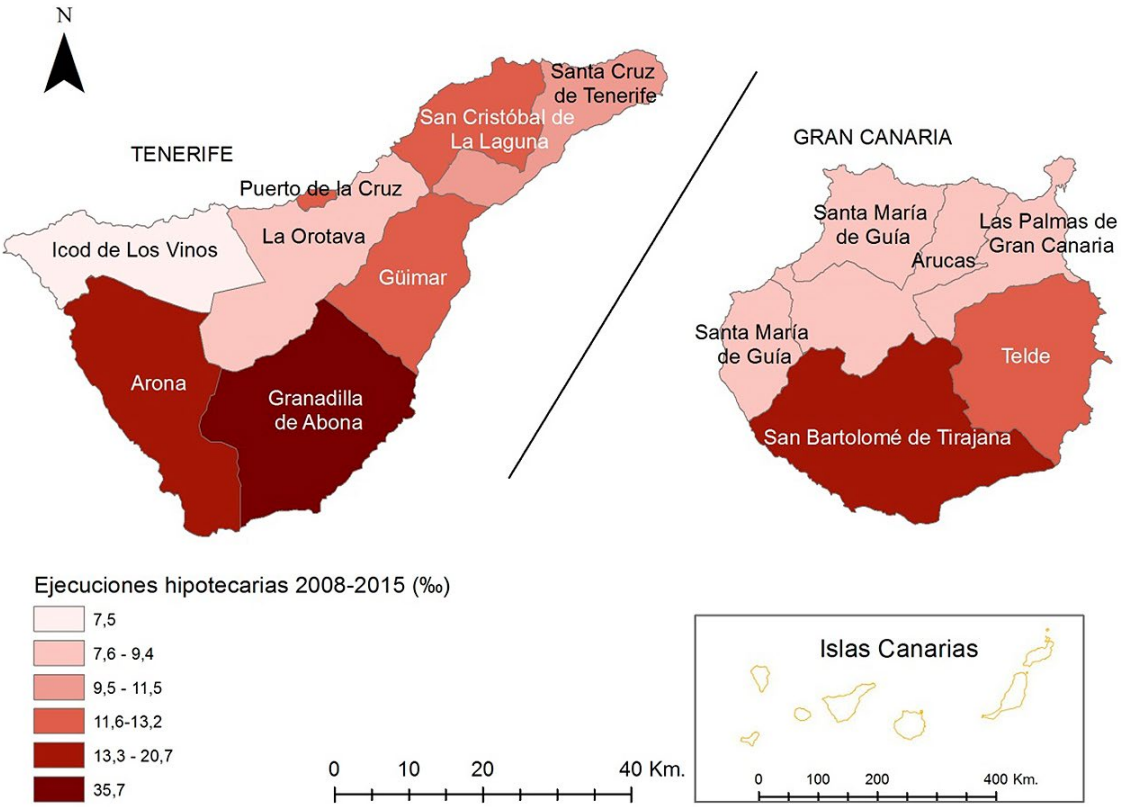
18 Los 31 municipios de Tenerife se inscriben en 8 partidos judiciales y los 20 de Gran Canaria en 5.

19 Las expectativas de crecimiento de la oferta alojativa turística en Canarias preveían más de 500.000 plazas, sobre las 340.000 existentes en el año 2000, lo que requeriría un incremento considerable de la cifra de turistas que, en aquella fecha, superaba en el archipiélago los 10 millones anuales (García, 2015).

una función de lugar de establecimiento para las clases populares que en las últimas décadas se intensifica con la ampliación de los núcleos tradicionales y la construcción de nuevos enclaves residenciales. Algo similar sucede con los territorios sobre los que se prolonga el crecimiento de las capitales provinciales y que se configuran en torno a sus respectivas áreas urbanas. La posición de estos asentamientos al borde de las principales autovías costeras, unido a las limitadas posibilidades de expansión de las ciudades consolidadas y a la existencia de precios del suelo y de la vivienda más asequibles, los convierte en zonas destacadas sobre las que se extienden las primeras y segundas residencias. Responden a esta modalidad los casos de los partidos de Telde, en Gran Canaria, y los de San Cristóbal de La Laguna y Güímar, en Tenerife, con tasas de ejecuciones hipotecarias que llegan, incluso, a ser superiores a las de los partidos de sus correspondientes capitales: Las Palmas (9,3‰) y Santa Cruz de Tenerife (11,5‰). Se trata, en definitiva, de varios municipios que se disponen en las zonas de transición que, a modo de corredores urbanos, se sitúan entre las capitales insulares y las principales cabeceras comarcales y núcleos turísticos del norte y del sur respectivamente de sus islas. Sobre estos espacios se ha producido, en las últimas décadas, un desarrollo urbano difuso sustentado en la extensión de paquetes residenciales que conforman también áreas de habitación para las clases populares.

Los casos comentados en las islas de Tenerife y Gran Canaria aportan matices reseñables sobre la lógica espacial más repetida, basada en que las áreas donde se concentran la población, la actividad económica y los centros de especialización e innovación —fundamentalmente ciudades capitales y zonas turísticas consolidadas— serían los espacios que más acusarían la recesión (Piñeira y Trillo, 2016). En el archipiélago canario, los resultados obtenidos señalan, en cambio, que los lugares de residencia de la población trabajadora presentan una incidencia de las ejecuciones hipotecarias incluso mayor que la de los núcleos urbanos y turísticos; una señal que conduce a ratificar los planteamientos que sostienen que la crisis genera escenarios de intensificación y agravamiento del desarrollo geográfico desigual (Aalbers, 2009; García, 2010).

Figura 2. Tasa de ejecuciones hipotecarias ingresadas (en ‰) por partidos judiciales en Tenerife y Gran Canaria entre 2008 y 2015



Fuente: CGPJ. Ejecuciones hipotecarias ingresadas. Elaboración propia.

A diferencia de los casos comentados, los partidos judiciales del norte de Tenerife y Gran Canaria presentan, en general, reducidas tasas de ejecuciones hipotecarias[20]. En esta vertiente se localizan municipios con escasa población, de reducido dinamismo económico y caracterizados, en las últimas décadas, por la decadencia de las actividades tradicionales vinculadas al sector primario. Ello tiene una serie de efectos comunes a los observados en otros territorios similares: emigración de la población joven, disminución de la cifra de habitantes, envejecimiento demográfico, dinámicas constructivas poco significativas, reducido aumento del parque residencial, etc. De esta tendencia solo se aparta el partido judicial de ámbito municipal de Puerto de la Cruz en Tenerife, en tanto que es un enclave turístico maduro, con una tasa de ejecuciones relativamente elevada (13‰) en ese contexto insular, pero reducida si se la compara con las registradas por las áreas turísticas del sur con desarrollos inmobiliarios más intensos y recientes.

En definitiva, la mayor densidad de las ejecuciones hipotecarias en determinados ámbitos insulares permite corroborar algunas de las conclusiones alcanzadas en otras investigaciones. Entre ellas, se destaca la existencia de una correlación espacial positiva entre las desorbitadas dinámicas inmobiliarias de la etapa expansiva y la proliferación de las ejecuciones hipotecarias a partir de la crisis (Obeso, 2014; Méndez y Plaza, 2016). A este respecto, parece que se confirma también en Canarias la idea de que 'el mapa de la crisis es casi exactamente el negativo del mapa de la burbuja' (Burriel, 2014, p. 106).

La creación de una demanda efectiva, necesaria para garantizar la circulación de capital, se logró mediante la generalización del endeudamiento hipotecario. Así, la geografía de las ejecuciones hipotecarias desvela la dimensión de clase de la crisis. Aquellos ámbitos insulares con una elevada presencia de población trabajadora, en gran medida caracterizada por la precariedad laboral, bajo nivel formativo, y procedencia de países fuera de la UE, muestran una mayor exposición a las dinámicas de exclusión social y al riesgo de pérdida de su vivienda (Vives-Miró, González y Rullán, 2015; Gutiérrez y Declòs, 2017). Por último, tal y como se ha indicado, se debe recordar que en Canarias, los procesos de desposesión de viviendas profundizan una situación de notable precariedad y vulnerabilidad social previa al inicio de la crisis.

3.2.3. El restablecimiento de la circulación de capital: repetida estrategia de acumulación tras la crisis

Las exiguas barreras en el funcionamiento del mercado inmobiliario en conexión con una débil y desorientada política de vivienda son la base del acrecentamiento de los procesos de segregación socioterritorial (Nel.lo, 2008). Ante ese panorama, el planeamiento y la gestión pública tienen la función irrenunciable de facilitar, por un lado, el derecho a la vivienda y, por otro, evitar que se retomen las estrategias de acumulación basadas en la especulación inmobiliaria, sobre todo en territorios que cuentan ya con un stock importante de viviendas vacías.

En relación con lo anterior, y a modo de aproximación sobre las posibles respuestas a estas cuestiones, un somero análisis sobre la producción de nueva vivienda durante 2015 en Gran Canaria y Tenerife revela resultados poco o nada alentadores (figura 3). En Gran Canaria, resulta muy llamativa la situación de los partidos de Telde y de San Bartolomé de Tirajana, pues a la vez que destacan en el contexto insular durante ese año por la construcción de nuevas viviendas, los municipios en los que se localizan sus correspondientes cabeceras judiciales registraban tasas de desocupación que superan respectivamente el 50% y el 45% del parque construido[21].

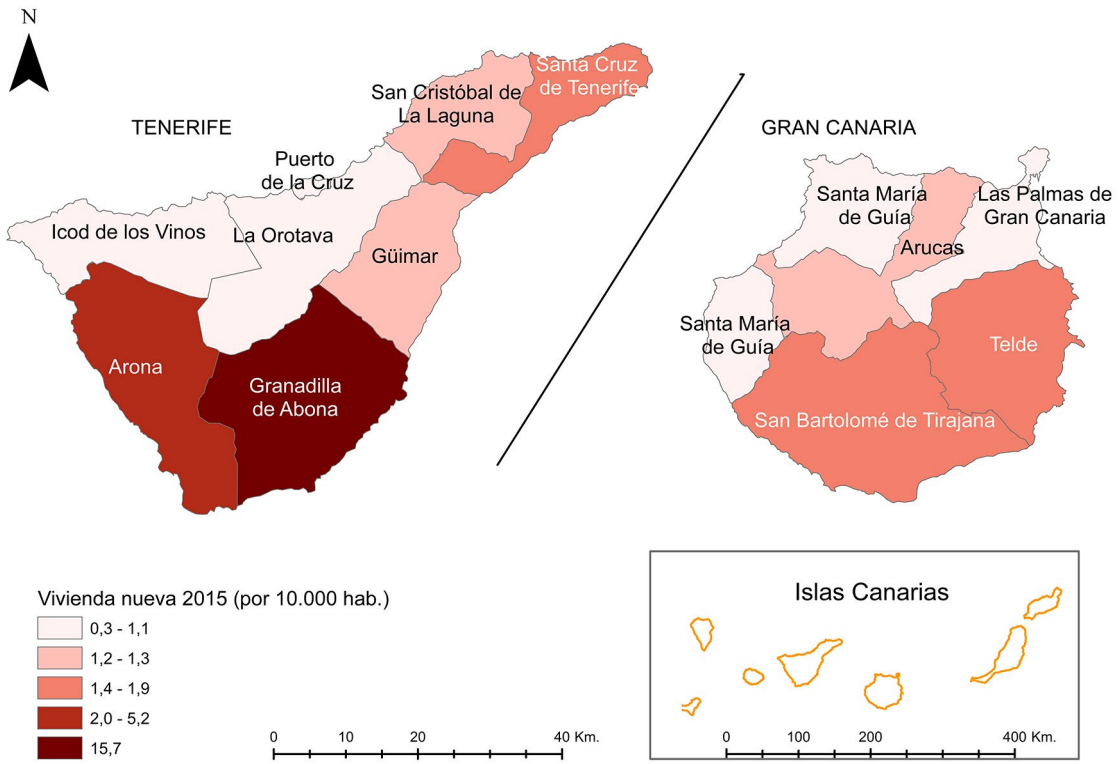
En Tenerife ocurre algo similar. El partido de Granadilla de Abona —a la cabeza en la isla por su tasa de ejecuciones hipotecarias en la etapa de crisis—, es el área en la que se produce más vivienda nueva en 2015 —16 viviendas por cada 10.000 habitantes—. Este dato resulta paradójico si se tiene en cuenta que en ese mismo año la prensa alertaba del importante volumen de viviendas vacías —por encima del 30% existente en el municipio del mismo nombre—, y en propiedad de promotores inmobiliarios y de entidades bancarias. En relación con el destacado papel de los bancos como propietarios de viviendas desocupa-

20 Partidos judiciales de Arucas (9,4‰) y Santa María de Guía (8,6‰), en Gran Canaria y La Orotava (9,1‰) e Icod de los Vinos (7,5‰) en Tenerife.

21 El informe de la empresa de tasación Tinsa (Radiografía del stock de la vivienda 2015), cifra el stock de viviendas vacías en Canarias por debajo al de la costa mediterránea, pero por encima al de Baleares y se valora en un 21% en la provincia de Tenerife y en un 28% en la de Las Palmas.
http://eldia.es/canarias/2015-12-28/1-Archipielago-cuenta-viviendas-vacias.htm
http://www.eldiario.es/tenerifeahora/Granadilla-propone-crear-viviendas-vacias_0_444106857.html

das en un contexto de reproducción de necesidades habitacionales no resueltas, algunas investigaciones recientes han puesto de relieve que son precisamente las entidades rescatadas con dinero público las que más desahucian y, por tanto, las nuevas grandes propietarias de vivienda vacía (Gutiérrez y Declòs, 2017; Vives-Miró *et al.*, 2017). Ante tal incongruencia, resulta imprescindible que los poderes públicos asuman su responsabilidad de sustituir el papel de la vivienda como mercancía y como herramienta de absorción del excedente de capital por políticas orientadas a enmendar las situaciones resultantes del despojo social.

Figura 3. Producción de vivienda nueva por 10.000 habitantes en los partidos judiciales de Tenerife y Gran Canaria en 2015



Fuente: ISTAC. Estadística de Construcción de Edificios: Licencias Municipales de obras/ Series anuales. Elaboración propia.

En el extremo opuesto, los datos que ofrecen los partidos judiciales de la vertiente norte de Tenerife —La Orotava e Icod de los Vinos— y de Gran Canaria —Santa María de Guía— muestran la situación de estancamiento del crecimiento urbano, pues en ninguno de ellos se supera la producción de una vivienda por cada 10.000 habitantes en 2015. La ausencia de estas dinámicas refleja, por tanto, la carencia de atractivo de estos territorios para la inversión inmobiliaria, dada su involución poblacional y su limitado peso en el circuito secundario de acumulación.

Al margen de los casos mencionados, lo cierto es que el análisis de la 'recuperación' económica, reiteradamente anunciada desde 2013, revela que tanto en Tenerife como en Gran Canaria los ámbitos más afectados por las ejecuciones hipotecarias coinciden con los que cuentan con volúmenes considerables de viviendas vacías, y son los que están a la cabeza en la construcción de nuevas viviendas en 2015. De nuevo, parece que son las principales áreas insulares con especialización turística o donde residen los grupos sociales más afectados por la crisis, los espacios que están aplicando las mismas recetas que incrementaron su grado de desigualdad y vulnerabilidad. Se advierte, por tanto, cómo se replica la misma estrategia de acumulación en el circuito secundario en aquellos espacios en los que han intervenido las grandes promotoras y entidades financieras.

En definitiva, una década después del inicio de la crisis hipotecaria se presenta un escenario complejo e incierto. La consideración de que tras los desajustes recientes se pueda volver a un crecimiento basado de nuevo en el modo de acumulación anterior, supone aceptar el riesgo de que se repita la algo más que probable cadena de daños sociales que ha conducido a la actual situación (Méndez y Prada-Trigo, 2014).

De este modo, se renuncia a aprovechar las situaciones de crisis como oportunidades para explorar nuevos modos de intervención y de producción del espacio que se materialicen en actuaciones con mayor justicia y democracia socioespacial, que refuercen las políticas redistributivas (Sevilla-Buitrago, 2015; Méndez, 2015) y que permitan, entre otros aspectos, un acceso efectivo del conjunto de la ciudadanía a su derecho a la vivienda.

4. Discusión de resultados

En el marco común de los procesos que en el caso español garantizan la acumulación de capital en las últimas décadas —afluencia masiva de recursos financieros globales hacia el sector inmobiliario; desproporcionado incremento del entorno construido; estímulo y consolidación de la vivienda en propiedad; extensión de los créditos hipotecarios como una de las expresiones de la *financiarización* de la economía y rápido crecimiento de las ejecuciones hipotecarias desde 2007—, el archipiélago canario ofrece ciertos rasgos distintivos que derivan de la conjunción de factores globales y locales.

En primer lugar, la expansión inmobiliaria se produce en Canarias con mayor intensidad que en el conjunto del país, como lo demuestran entre otros hechos: el temprano y más acelerado incremento que desde 1996 experimenta el número de viviendas construidas y la magnitud que alcanza, también a partir de esa fecha, la inversión extranjera en el sector inmobiliario. En relación con las viviendas iniciadas se advierte que en Canarias no sólo su número se mantiene por encima de la media nacional, sino que su ritmo de incremento es sensiblemente superior hasta dos o tres años antes de la crisis. Por lo que respecta a la inversión inmobiliaria hay que considerar que las inversiones aportadas por el capital global (Charnock *et al*, 2015) se refuerzan con la llegada de los fondos estructurales europeos y se apuntalan con la creación de la Reserva de Inversiones de Canarias (RIC) (García-Herrera, 2005; Gómez, 2001). La RIC es un instrumento fiscal singular con un destacado papel en el proceso de especulación inmobiliaria a escala regional, al orientar buena parte de las exenciones empresariales hacia la producción de viviendas. En definitiva, se trata de una potente dinámica inversora que consolida la pronta incorporación y la fuerte especialización de la economía insular en el circuito de acumulación secundario del capital.

A su vez, la especulación financiero-inmobiliaria propicia dos tendencias simultáneas: de un lado, el fuerte incremento del precio medio de la vivienda en la región, que se mantiene desde 1996 hasta prácticamente 2007 por encima del valor promedio nacional y, de otro, el recurso generalizado al crédito bancario y al endeudamiento familiar. Este último adquiere especial relevancia en Canarias donde es preciso destinar, dadas las precarias condiciones laborales de su población en términos de salarios y de empleo, desde el inicio de la fase de expansión (Díaz-Rodríguez, 2003) un mayor porcentaje de la renta familiar a la adquisición de una vivienda.

Ambos fenómenos —incremento de precios de la vivienda y niveles de endeudamiento—, si bien responden al proceso general de creación de una demanda efectiva para garantizar la circulación del capital, hacen que en Canarias el endeudamiento hipotecario y el aumento de los desahucios a partir de 2007, agraven una situación estructural de notable vulnerabilidad. Es a raíz de la crisis cuando Canarias se sitúa a la cabeza en el panorama autonómico nacional por su elevado grado de precariedad social. Entre 2015 y 2017 es la comunidad española con la tasa más elevada de población en riesgo de pobreza y exclusión social, que alcanza nada menos que al 45% de su población.

El examen de los procesos considerados muestra cómo la diferente especialización económica insular constituye una pieza clave para interpretar la desigual importancia territorial de la expansión inmobiliaria y de las ejecuciones hipotecarias a partir de la crisis. La concentración de las inversiones en determinadas islas y áreas urbanas o turísticas es uno de los aspectos en los que inciden otras investigaciones, que han destacado la importancia de las escalas a la hora de estudiar los desalojos. Los resultados a la escala de partido judicial y un somero sondeo inicial a escala de municipio, permiten afirmar que en esta región los espacios urbanos y turísticos no han sido los únicos afectados por las prácticas especulativas en torno al suelo y la vivienda y, en consecuencia, tampoco necesariamente los más afectados por los desalojos. En el archipiélago, la densidad de las ejecuciones hipotecarias ha sido mayor en las áreas de habitación de la población trabajadora, lo que desvela la dimensión de clase de la crisis, a la vez que refrenda la idea de que la misma refuerza y agrava el desarrollo geográfico desigual (Aalbers, 2009; Smith, 2010; García, 2010).

Por último, la intervención actual de las grandes promotoras y entidades financieras parece replicar la estrategia de acumulación conocida, y lo hacen en aquellos territorios donde los procesos de especula-

ción inmobiliaria han sido más intensos en el pasado inmediato. De confirmarse la reproducción de este modo de actuar, se podría plantear que se está incubando una nueva fase de refuerzo de la especialización de la economía insular en el circuito secundario y del mecanismo de acumulación por desposesión (Harvey, 2004; Méndez y Prada-Trigo, 2014; Vives-Miró y Rullán, 2014); responsables ambos procesos, como se ha mostrado en este y otros espacios, del aumento de la vulnerabilidad de los grupos sociales con menor capacidad económica y de sus lugares de vida.

5. Conclusiones

El análisis de la crisis inmobiliaria en el archipiélago canario permite constatar cómo el proceso de hiperproducción de viviendas, el estallido de la burbuja inmobiliaria y las posteriores dinámicas de desposesión por medio de ejecuciones hipotecarias han contribuido a profundizar el desarrollo geográfico desigual. En el caso particular de un territorio diverso y fragmentado como el canario, esta afirmación se infiere del análisis de las escalas insular e intrainsular. De este modo, se puede aseverar la existencia de tres modelos insulares diferenciados en función de la magnitud que presenta la crisis hipotecaria en sus territorios: el primero corresponde a las islas orientales —Lanzarote y Fuerteventura— en las que el *boom* turístico-inmobiliario de la etapa expansiva adquirió especial intensidad y una dimensión insular, lo que deriva en un volumen alarmante de ejecuciones hipotecarias durante la crisis, al igual que sucede en otros territorios del país (Obeso, 2014; Méndez y Plaza, 2016; Gutiérrez y Declòs, 2017; Vives-Miró *et al.*, 2017). El segundo, lo representan las islas occidentales —La Palma, La Gomera y El Hierro—, que se sitúan en el extremo opuesto al contar con economías de base agraria, con un crecimiento inmobiliario moderado y una baja proporción de ejecuciones hipotecarias. El tercero, es el que ofrecen las islas centrales —Tenerife y Gran Canaria— que por sus tamaños demográficos y diversidad interna ocupan una posición intermedia entre los dos modelos indicados y cuyos valores a esa escala insular no expresan de forma conveniente el significado que en determinados sectores de sus respectivas islas tienen, primero, el auge del mercado inmobiliario y, después, su caída. En estas dos islas el análisis intrainsular muestra cómo el impacto de las ejecuciones hipotecarias adquiere, por un lado, una intensidad en las áreas de alojamiento de población trabajadora del sur insular superior a la de los espacios propiamente turísticos y, por otro, se observa una deriva similar entre las ciudades capitales y los municipios próximos a sus áreas de influencia y de crecimiento demográfico reciente. En ambos casos, se trata de espacios residenciales que se han desarrollado a partir de la concesión de créditos hipotecarios a ciudadanos con muy bajos recursos, muchos de ellos después desahuciados ante el impago de las deudas contraídas. Así pues, la desposesión de viviendas a partir de 2007 es una señal inequívoca de un reforzamiento de la vulnerabilidad previa y de la intensificación del desarrollo geográfico desigual.

Una cuestión clave, ahora, es saber si el incremento en la producción de viviendas que se observa en 2015 en algunos de los territorios insulares más afectados por la crisis, y con mayor número de viviendas vacías, supone o no un reinicio del proceso. Los indicios apuntan a que en el archipiélago y en otros muchos territorios del Estado, ni siquiera se han planteado esquemas de crecimiento alternativos al modelo descrito, con todo lo que ello supone; es decir, sustentan la perspectiva de la crisis como una fase que permite la reestructuración urbana neoliberal (Harvey, 2004; Vives-Miró y Rullán, 2014).

Este análisis pone de relieve la dimensión de clase de la crisis, al identificar los espacios habitados por los trabajadores del turismo como los más afectados por la desposesión de vivienda; refrendando así la idea de que la crisis está suponiendo una intensificación de las prácticas neoliberales (Aalbers, 2013). Además, constituye el primer estudio a escala de Canarias, a excepción de una aproximación inicial (Díaz Rodríguez *et al.*, 2017), sobre la importancia y distribución espacial de las ejecuciones hipotecarias y, a la vez, es un punto de partida imprescindible para análisis en detalle a la escala urbana que permitirán precisar la lógica espacial de los procesos de desposesión, en la línea desarrollada por investigaciones referidas a otras comunidades autónomas (Vives-Miró *et al.*, 2015; Gutiérrez y Domènech, 2017).

Por último, la valoración de las consecuencias del despliegue e intensificación de las prácticas urbanizadoras neoliberales en el territorio canario, conduce a la necesidad de indagar sobre salidas a la crisis que no comprometan el bienestar del conjunto de la ciudadanía. A la vez, invita a reflexionar sobre la vital importancia de la regulación del mercado de la vivienda para frenar la extensión de las geografías de la desposesión y, porque no, sobre el papel que pueden desempeñar al respecto los nuevos movimientos sociales en su aspiración por conseguir cotas mayores de cohesión social y territorial.

Referencias

Aalbers, M. (2009). Geographies of financial crisis. *Area, 41*, 34-42. https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2008.00877.x

Aalbers, M. (2013). Neoliberalism is dead… Long Live Neoliberalism. *International Journal of Urban and Regional Research, 37* (3), 1083-1090. https://doi.org/10.1111/1468-2427.12065

Beck, U. (1999). ¿Qué es la globalización? Falacias del globalismo, respuestas a la globalización. Buenos Aires: Paidós.

Burriel, E. (2008). La "década prodigiosa" del urbanismo español (1997-2006). *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias* Sociales, XII, (170). Recuperado de: http://www.ub.edu/geocrit/-xcol/383.htm

Burriel, E. (2014). El estallido de la burbuja inmobiliaria y sus efectos sobre el territorio. En J.M. Albertos y J.L. Sánchez (coords.). *Geografía de la crisis económica en España* (pp. 101-140). Valencia: Publicaciones Universidad de Valencia.

Cavero, T. (2013). Crisis, desigualdad y pobreza: aprendizajes desde el mundo en desarrollo ante los recortes sociales en España. *Documentación Social*, (166), 255-273.

Consejo General del Poder Judicial (CGPJ). Estadísticas judiciales. Movimientos de Asuntos Civiles de los tribunales de Primera Instancia y de Primaria Instancia e Instrucción. Informes estadísticos.

Charnock, G., Purcell. T.F. y Ribera-Fumaz, R. (2015). The Limits to Capital in Spain: The Roots of the 'New Normal", *Critique: Journal of Socialist Theory, 43* (2), 173-188. https://doi.org/10.1080/03017605.2015.1051785

Coq-Huelva, D. (2013). Urbanisation and Financialisation in the Context of a Rescaling State: The Case of Spain. *Antipode, 45*, (5), 1213-1231. https://doi.org/10.1111/anti.12011

Díaz-Rodríguez, M.C. (2003). La vivienda en España: reflexiones sobre un desencuentro, Scripta Nova. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, VII*, 146 (095), Barcelona. Recuperado de: http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-146(095).htm

Díaz-Rodríguez, M.C., Ginés de la Nuez, C., García-Hernández, J.S. y Armas-Díaz, A. (2017). Desposesión de vivienda y crisis social en Canarias. *Naturaleza, territorio y ciudad en un mundo global.* Asociación de Geógrafos Españoles, 1025-1034.

Fundación FOESSA (2016). *Análisis y perspectivas 2016: Expulsión Social y Recuperación Económica.* Recuperado de: http://www.foessa.es/publicaciones_compra.aspx?Id=5279&Idioma=1&Diocesis=42

García-Herrera, L.M. (2005). Propiedad y promoción inmobiliaria en Canarias. Una aproximación. En Lavastre, Ph. y Más, R (coords.). *Propiedad urbana y crecimiento de la ciudad.* Casa de Velázquez-Universidad. Autónoma de Madrid-UMR-TELEMME (CNRS), Aix-en-Provence, Madrid, 311-328.

García, M. (2010). The Breakdown of the Spanish Urban Growth Model: Social and Territorial Effects of the Global Crisis: *International Journal of Urban and Regional Research, 34* (4), 967-980. https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.2010.01015.x

García, J.I. (2015). El análisis del impacto territorial del tercer boom turístico de Canarias (España) a través de la aplicación de un sistema de información geográfica (SIG). *Cuadernos de Turismo*, (36), 219-245. https://doi.org/10.6018/turismo.36.230971

Gómez, F. (2001). Entre dioses y caníbales: crónica de un festín. En Fundación César Manrique (2001). *Lanzarote: el papel de la crisis.* Teguise, Lanzarote, 15-39.

Gutiérrez, A. y Declòs, X. (2017). Geografía de la crisis inmobiliaria en Cataluña: una lectura a partir de los desahucios por ejecución hipotecaria, *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, XXI*, 557. Recuperado de: http://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/17734

Gutiérrez, A. y Domènech, A. (2017). Geografía de los desahucios por ejecución hipotecaria en las ciudades españolas: evidencias a partir de las viviendas propiedad de la SAREB. *Revista de Geografía Norte Grande*, (67), 33-52. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022017000200003

Harvey, D. (1989). From managerialism to entrepreneurialism. The transformation of urban governance in late capitalism: *Geografiska Annaler, 71 B* (1), 3-17.

Harvey, D. (2004). El nuevo imperialismo: Sobre reajustes espacio-temporales y acumulación mediante desposesión: *Revista Viento Sur*, 447. Recuperado de: http://www.herramienta.com.ar/revista-herramienta-n-27/el-nuevo-imperialismo-sobre-reajustes-espacio-temporales-y-acumulacion-medi

Harvey, D. (2007). *Espacios del capital*. Madrid: Akal.

Harvey, D. (2012). *Rebel Cities. From the Right to the City to the Urban Revolution*. Verso: London, New York.

Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Estadística de Construcción de Edificios: Licencias Municipales de obras/Series anuales.

Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Inversión bruta extranjera en España según tipos de operación, comunidades autónomas y trimestres. A partir de datos del Ministerio de Economía y Competitividad. Secretaría de Estado de Comercio.

Instituto Nacional de Estadística (INE). Estadísticas de la construcción. Precio de las viviendas.

Janoschka, M. (2011). Geografías urbanas en la era del neoliberalismo. Una conceptualización de la resistencia local a través de la participación y de la ciudadanía urbana. *Investigaciones geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAN, (76),* 118-132. Recuperado de: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56921271009

Llano, J.C. (2017). *El Estado de la pobreza. Seguimiento del indicador de riesgo de pobreza y exclusión social en España 2008-2016.* 7º Informe. EAPN España, Madrid. Recuperado de: http://www.eapn.es/estadodepobreza/descargas.php

Lefebvre, H. (1976). *El derecho a la ciudad*. Barcelona: Ediciones Península.

Lois, R., Piñeira, M.J. y Vives-Miró, S. (2016). El proceso urbanizador en España (1990-2014): una interpretación desde la geografía y la teoría de los circuitos de capital. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, XX* (539). Recuperado de: http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-539.pdf

López. I. y Rodríguez, E. (2011). The spanish Model. *New Left Review*, 69. Recuperado de: https://newleftreview.org/II/69/isidro-lopez-emmanuel-rodriguez-the-spanish-model

López, P. (2014). La vivienda como bien de interés general. *Fundación 1º de Mayo, Colección Informes*, Madrid, nº 90. Recuperado de: http://www.1mayo.ccoo.es/nova/NNws_ShwNewDup?codigo=4537&cod_primaria=1171&cod_secundaria=1171#.WjJFS1WgLIU

Méndez, R. (2015). Crisis, vulnerabilidad y nuevas desigualdades territoriales en España. *Sistema,* (239), 45-63.

Méndez, R. (2017). De la hipoteca al desahucio: ejecuciones hipotecarias y vulnerabilidad territorial en España. *Revista de Geografía Norte Grande,* (67), 9-31. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022017000200002

Méndez, R. y Prada-Trigo, J. (2014). Crisis, desempleo y vulnerabilidad en Madrid. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, *18,* (474), 1-11. Recuperado de: http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-474.htm

Méndez, R. y Plaza, J. (2016). Crisis inmobiliaria y desahucios hipotecarios en España: una perspectiva geográfica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 71, 99-127. Recuperado de: http://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/2276

Ministerio de Fomento. Vivienda libre. Series anuales. Número de viviendas libres iniciadas.

Ministerio de Fomento (2016). Observatorio de Vivienda y Suelo. Boletín anual 2015. Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo.

Nel.lo, O. (2008). Contra la segregación urbana y por la cohesión social: la ley de barrios de Cataluña. *Cidades, Comunidades e Territorio*, (17), 33-46. Recuperado de: http://www.colpis.cat/files/documents/92_material.pdf

Novoa, I. y López, P.A. (2007). El mercado de la vivienda en España: Una década prodigiosa (1995-2005). En *XX Congreso Anual de la Asociación Española de Dirección y Economía de la Empresa* (AEDEM), 1-17. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2499407

Obeso, I. (2014). Análisis geográfico de los desahucios en España. *Eria*, (95), 327-342. Recuperado de: https://www.unioviedo.es/reunido/index.php/RCG/article/view/10513

Observatorio de Sostenibilidad (2015). *25 años urbanizando España*. Recuperado de: http://www.observatoriosostenibilidad.com/documentos/NdP%20CONVOCATORIA%20URB16%20v05.pdf

Observatorio de sostenibilidad (2016). *Sostenibilidad en Espala 2016. Cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas*. SOS 16. Recuperado de: http://www.observatoriosostenibilidad.com/documentos/SOS16_v23_PDF_final.pdf

Piñeira, M.J. y Trillo, J.M. (2016). El efecto de la crisis sobre los barrios vulnerables: una aproximación al contexto español a través de un estudio de caso. En *Crisis, globalización y desequilibrios sociales y territoriales en España. Aportación Española al 33 Congreso de la Unión Geográfica Internacional*, Beijing. Recuperado de: http://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2016/07/crisis_globlalizacion_UGI_spa_2016_WEB.pdf

Piñeira, M.J., González, J.M. y Lois, R. (2017). Vulnerabilidad urbana y exclusión. La fragmentación social de la ciudad postcrisis. En M. Castanyer, J. Vicente, J. Feliu y J. Martín (eds.). *Nuevos escenarios urbanos: nuevos conflictos y nuevas políticas* (pp. 75-90). Girona: Asociación de Geógrafos Españoles.

Rehner, J. y Rodríguez-Leiva, S. (2017). Inversión inmobiliaria en tiempos de auge y crisis: ¿Es la ciudad un producto minero o un derivado financiero? *Revista de Geografía Norte Grande*, (67), 183-210. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022017000200010

Robertson, R. (2005). Glocalization: Time-Space and Homogeneity-Heterogeneity. En M. Featherstone, S. Lash y R. Robertson (eds.). *Global Modernities: from Modernism to Hypermodernism and beyond* (pp. 25-45). Londres: Sage Publications.

Roch, F. (2015). Revolución neoliberal y "utopía" ciudadana, una batalla inaplazable. *Ciudades, 18* (1), 49-68. Recuperado de: http://uvadoc.uva.es/handle/10324/18209

Rodríguez, E. y López, I. (2011). Del auge al colapso. El modelo financiero-inmobiliario de la economía española (1995-2010). *Revista de Economía Crítica*, 12, 39-63. Recuperado de: http://revistaeconomiacritica.org/sites/default/files/revistas/n12/REC12_Articulo_3_emmanuel.pdf

Sassen, S. (1991). *The global city: New York, London, Tokyo*. Princeton: Princeton University Press.

Sevilla-Buitrago, A. (2015). Urbanismo, crisis y austeridad. *Ciudades, 18* (1), 31-48. Recuperado de: http://oa.upm.es/41007/

Simancas, M., García, J.I., Dorta, A. y Falero, R.A. (2011). El impacto territorial de la moratoria turística en Canarias. *Actas del XXII Congreso de Geógrafos Españoles. Urbanismo expansivo. De la utopía a la realidad*. Universidad de Alicante, 715-726. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3806043

Smith, N. (2010). *Uneven development: Nature, capital and the production of space*. Georgia: University of Georgia Press.

Theodore, N., Peck, J. y Brenner, N. (2009). Urbanismo neoliberal: la ciudad y el imperio de los mercados. *Temas sociales*, (66), 1-12. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5257051

Vives-Miró, S. y Rullán, O. (2014). La apropiación de rentas del suelo en la ciudad neoliberal española. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (65), 387-408.

Vives-Miró, S., González, J.M. y Rullán, O. (2015). Home dispossession: the uneven geography of evictions in Palma (Majorca). *Die Erde, 146*, (2-3), 113-126. https://doi.org/10.12854/erde-146-10

Vives-Miró, S., Rullán, O. y González, J.M. (2017). Consecuencias sociales del modelo económico basado en el crédito. Geografía de las ejecuciones hipotecarias en Menorca, *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, XXI*, (553). Recuperado de: http://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/553

Nº 69, enero-junio de 2018, pp. 41-53.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO2018.69.03

Investigaciones Geográficas
Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante

Cita bibliográfica: Quereda Sala, J., Montón Chiva, E. & Quereda Vázquez, V. (2018). La elevación de las temperaturas en el norte de la Comunidad Valenciana: valor y naturaleza (1950-2016). *Investigaciones Geográficas,* (69), 41-53. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.03

La elevación de las temperaturas en el norte de la Comunidad Valenciana: valor y naturaleza (1950-2016)

The increase in temperatures in the north of the Valencia region: value and nature (1950-2016)

José Quereda Sala[1]
Enrique Montón Chiva[2]
Victoria Quereda Vázquez[3]

Resumen

Este estudio trata de evaluar rigurosamente la magnitud del calentamiento climático en la Comunidad Valenciana. Magnitud que constituye el eje científico básico del trascendente proceso de Cambio Climático. La investigación se ha basado en los registros de la red regional de AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) de 10 observatorios, con series de más de 67 años, que abarcan el período 1950-2016 en la Comunidad Valenciana (23.255 km²). El UHI (índice de calor urbano) fue determinado experimentalmente y las interacciones aire-mar registradas en la plataforma marina y en el observatorio de las Islas Columbretes también han sido utilizadas en el estudio. Un análisis regional que ha evidenciado la magnitud del calentamiento y mostrado algunas correlaciones físicas sobre las causas de este aumento de temperatura. En este sentido, la contribución de la radiación solar al forzamiento térmico, al menos regionalmente, puede ser algo mayor que el 10% reconocido en el Quinto Informe del IPCC (Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático).

Palabras clave: Cambio climático; temperaturas; efecto urbano; isla de calor; homogeneidad; Standard Normal Homogenity Test (SNHT); interacciones energéticas atmósfera-mar.

Abstract

The objective of this study is to try and get a better understanding of the magnitude of the effects of global warming in the Valencia region of Spain. The magnitude of this is the basic scientific theme that lies at the heart of the great environmental issue of climate change. The study was based on records of the AEMET (State Meteorological Agency) regional network of 10 observatories, with series dating back more than 67 years, covering the period 1950–2016 in the Valencia region (23,255 km²). The UHI (Urban Heat Index) was experimentally determined and the air–sea interactions recorded on the sea platform and Columbretes Island observatories were also used in the study. The regional analysis revealed the magnitude of the regional effects of global warming and it highlighted some physical correlations related to the causes of this rise in temperature. In this regard, the contribution of solar radiation to thermal forcing, at least regionally, could be slightly higher than the 10% acknowledged in the Fifth Assessment Report from the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

1 Laboratorio del clima, Universitat Jaume I, España. quereda@uji.es
2 Laboratorio del clima, Universitat Jaume I, España. montone@uji.es
3 Laboratorio del clima, Universitat Jaume I, España. vikky.quereda@gmail.com

Recepción: 20/10/2017. **Aceptación:** 03/04/2018. **Publicación:** 13/06/2018.

Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Keywords: Climate change; temperatures; urban effect; heat island; homogeneity; Standard Normal Homogeneity Test (SNHT); energy atmosphere-sea interaction.

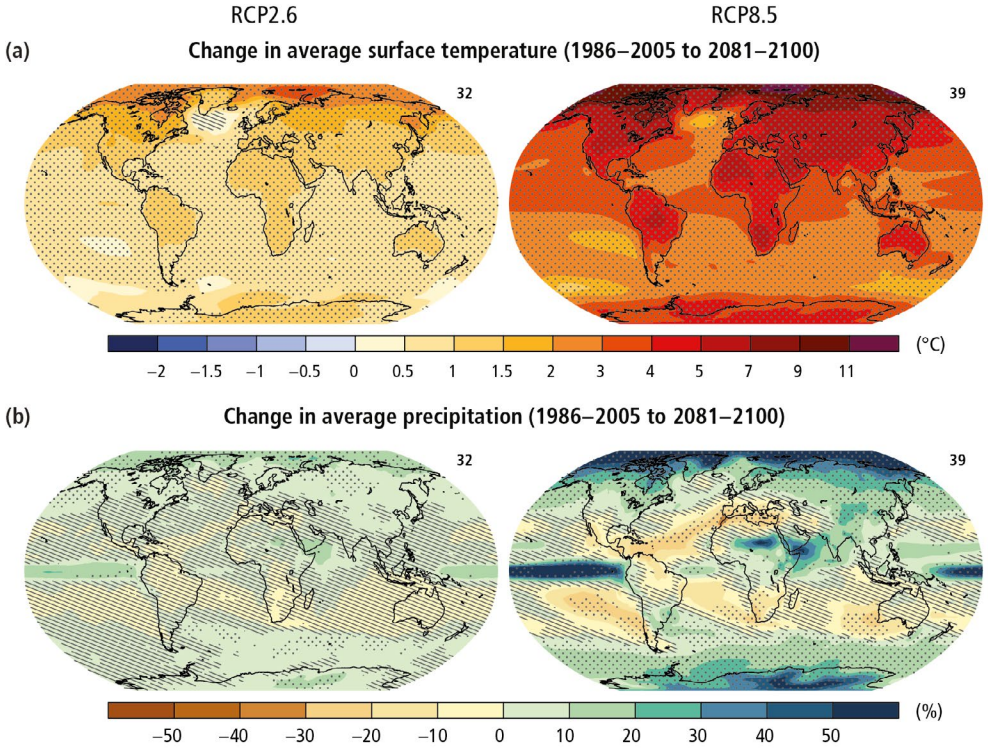
1. Introducción

El Cambio Climático constituye el mayor problema ambiental al que se enfrentará la sociedad en los próximos veinticinco o cincuenta años. Consecuentemente este proceso atmosférico se erige como uno de los mayores retos científicos actuales. Un reto sobre el que las grandes anomalías climáticas registradas en los últimos años, especialmente la elevación de las temperaturas, realimentan con urgencia. Esta elevación, auténtico eje del Cambio Climático, viene mostrando tendencias acusadas en la Comunidad Valenciana. El estudio de las mismas, en su verdadera magnitud y naturaleza, constituye el objetivo del presente trabajo. Un objetivo básico ante las actuales políticas de mitigación ya que como señala en su preámbulo El Plan Nacional para el Cambio Climático en España "no es lo mismo planificar una adaptación para un horizonte de calentamiento de 2 ºC que para otro de 4 ºC" (Ministerio de Medio Ambiente [MIMAM], 2007).

En efecto, desde fines del siglo XX hemos venido asistiendo a una notable tendencia de calentamiento climático acompañado por fenómenos extremos que se han intensificado en los comienzos del siglo XXI. En la Comunidad Valenciana, esos fenómenos extremos comprenden desde el actual verano de 2017, el tercero más cálido de los registros, tras los de 2003 y 2015 y los valores más altos en los registros anuales de temperatura con medias sobre los 19 ºC. Unos fenómenos de records térmicos que vienen caracterizando tanto a la climatologia regional como a la peninsular.

Esta significativa tendencia de elevación térmica determina que, en el estado actual de las investigaciones, resulte ya innegable la existencia de ese calentamiento climático. No obstante, este reconocimiento de la elevación térmica, no impide que resulte todavía muy aventurado afirmar tanto la verdadera magnitud del Cambio Climático regional así como su atribución exclusiva al efecto invernadero.

Figura 1. Cambios en temperatura y precipitación para los años 2081-2100



Fuente: IPCC, 2013.

En este orden de investigaciones, el estudio del cambio climático en la Comunidad Valenciana adquiere una gran trascendencia a tenor de las predicciones que los modelos de cambio climático desarrollados establecen sobre la región mediterránea. En efecto, los últimos informes del IPCC (IPCC, 2007 y 2013),

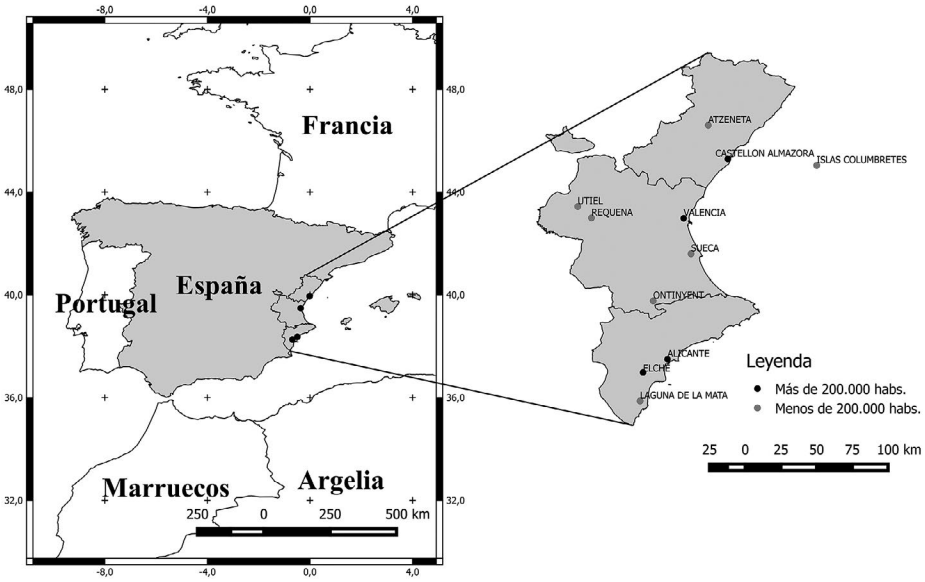
basados en los modelos del Hadley Centre, establecen que nuestra región mediterránea será la más vulnerable de Europa a los efectos del cambio climático. Vulnerabilidad debida a que, simultáneamente al aumento térmico regional de 1,5 a 3 ºC, durante el siglo XXI, se produciría una reducción de recursos hídricos básicamente vinculado a la intensificación del ciclo hidrológico. Un proceso de desertificación que vendría a determinar el mayor problema ambiental en tierras valencianas (figura 1).

2. Metolodogía

Consecuentemente con el objetivo señalado, el primer fundamento científico de nuestro estudio ha sido establecer, con el mayor rigor posible, las tendencias mostradas por la climatología regional entre 1950 y 2016, con el fin de verificar su magnitud así como su correspondencia con las proyecciones de los modelos de cambio climático.

Esta verificación la hemos realizado sobre una red regional de 10 observatorios (AEMET). Estos observatorios son los que disponen de series largas, más de 67 años, y cubren el período 1950-2016 sobre la Comunidad Valenciana (23.255 km²). Esta delimitación territorial proporciona una red térmica con gran cohesión espacial entre estaciones urbanas y "rurales" (Quereda *et al.*, 2000). Al mismo tiempo, los diez observatorios de la Comunidad (figura 2) ofrecen un marco climático muy consistente con los procesos experimentales que sobre el UHI se han desarrollado en la zona de Castellón (2001-2016).

Figura 2. Mapa de la red regional de observatorios con series completas de temperatura durante el período 1950-2016



Fuente: AEMET. Elaboración propia.

Proceso capital de este análisis ha sido el control de homogeneidad de las series climáticas temporales de todos los observatorios regionales. Un control que desprenderá la verdadera magnitud de la heterogeneidad por efecto urbano, variaciones de entorno y otras. La metodología para este control es efectuada mediante la técnica (SNHT expuesta por Alexandersson (1986) y Alexandersson & Moberg (1997). Una metodología que recogiendo las mejores innovaciones estadísticas proporciona, hoy por hoy, una de las más óptimas aproximaciones al problema de tratamiento de las series climáticas temporales. En este último test, método de Alexandersson, una serie es definida como homogénea con relación a una serie sincrónica de referencia si las diferencias o ratios entre observaciones simultáneas constituyen una serie de números aleatorios. Para ello es obligado definir una serie de referencia. Esta serie debe imperativamente presentar caracteres de homogeneidad y buena correlación con la serie estudiada. No obstante, si bien es fácil encontrar para cada observatorio a testear, otro observatorio próximo presentando una buena correlación con la serie estudiada, resulta por el contrario delicado caracterizar la homogeneidad interna de cada serie. Ello obliga a calcular una serie media de referencia con las diferentes series y en la que las heterogeneidades queden difuminadas.

El cálculo consiste en una media ponderada mediante los cuadrados de los coeficientes de correlación a fin de que cada serie tenga el peso específico que le corresponda en la configuración de la serie de referencia. De este modo se forma una serie con las diferencias (temperaturas) y coeficientes (precipitaciones) entre los valores a testear y los de referencia. En esta serie, que es normalizada, el test trata de descubrir un cambio con respecto a la media. Para cada paso de tiempo, mes o año, un valor de test es calculado y comparado al valor crítico para una confianza dada. En caso de sobrepasar este valor crítico se considera que existe heterogeneidad. La fecha más probable de ruptura de homogeneidad corresponde al valor máximo del test.

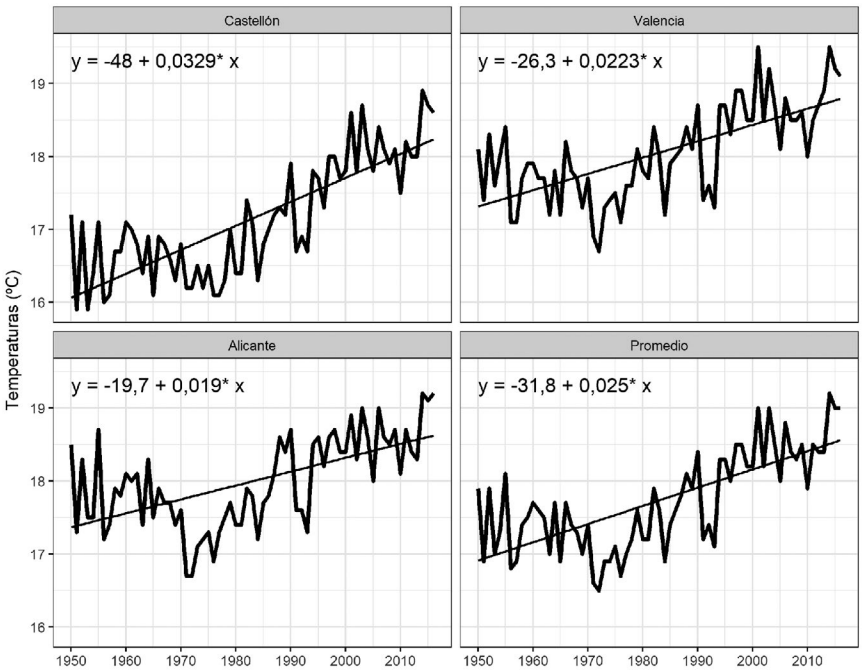
No obstante, a pesar de que el método de homogeneización del SNHT es uno de los más usados en el tratamiento de las series climáticas temporales (Aguilar, Auer, Brunet, Peterson, & Wieringa, 2003), no deja de contener una perversidad. Aquí radica una de las principales debilidades del método. En efecto, el procedimiento consiste en promediar series homogéneas o no, esperando atenuar el efecto de las rupturas en las series no homogéneas, que desgraciadamente son la mayor parte. Si ello permite la mayor parte del tiempo detectar las rupturas de homogeneidad sobre la serie en test, es preciso no olvidar que los coeficientes correctores deducidos de la serie de ratios pueden estar sesgados. Corregir una serie a partir de una serie de referencia implica generalmente la igualación de las tendencias de la serie corregida y de la serie de referencia. De este modo, si no se está seguro de la calidad de la serie de referencia, lo que es a priori el caso, los resultados pueden ser falseados. Es por ello por lo que adoptaremos una doble precaución. La primera, interna del método, es la de eliminar del cálculo de referencias las series claramente no homogéneas con coeficiente de correlación menor de 0,7. La segunda cautela será la de aplicar un método experimental desarrollado en el Plan de trabajo.

3. Resultados

3.1. Evolución de la temperatura regional

Los resultados del análisis evidencian una tendencia de calentamiento climático en la evolución de la temperatura de la Comunidad Valenciana. El valor medio secular de esta tendencia, en los observatorios de primer orden (Alicante, Valencia y Castellón), es notable: 2,4 ºC, equivalente a 1,6 ºC para el período 1950-2016. Este valor adquiere una magnitud de calentamiento "dramática", ya que tan sólo comenzó a detectarse a partir de 1980, después de una década anterior relativamente fresca (figura 3).

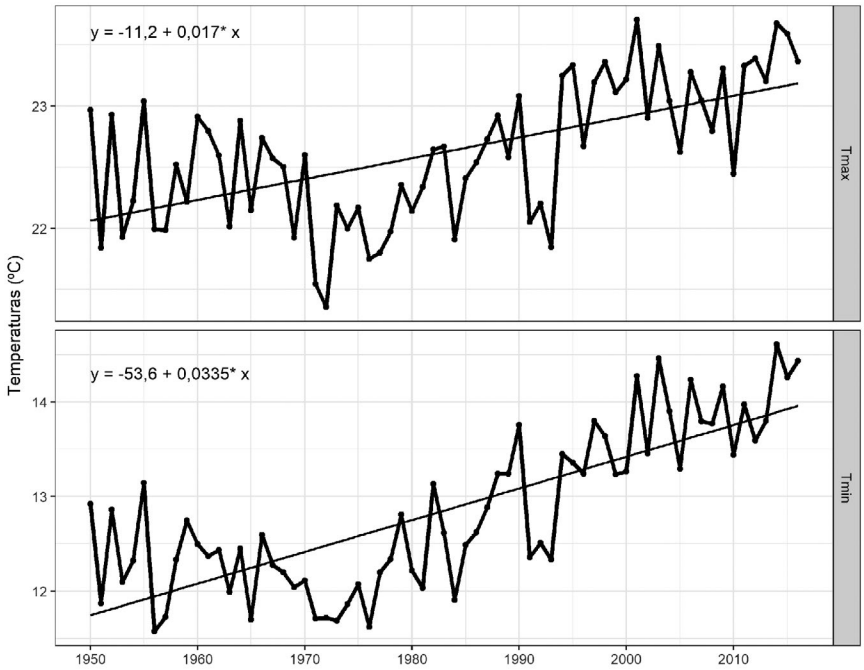
Figura 3. Evolución de la temperatura media anual (1950-2016) en la Comunidad Valenciana. Promedio de los tres observatorios de primer orden (Valencia, Alicante y Castellón), de la red regional (AEMET)



Fuente: AEMET. Elaboración propia.

Sin embargo, tanto el brusco aumento a partir de 1980, como las diferentes magnitudes de calentamiento registradas entre observatorios muy próximos: +0,033 ºC/año en Castellón, +0,022 ºC/año en Valencia y sólo +0,019 ºC/año en Alicante así como el diferente comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas, suscitan dudas con respecto a la naturaleza (antrópica o natural) y magnitud del calentamiento (figura 4).

Figura 4. Evolución y tendencia del promedio de las temperaturas máximas y mínimas anuales en la red de observatorios de primer orden (Alicante, Valencia y Castellón) (1950-2016)



Fuente: AEMET. Elaboración propia.

En consecuencia, las dudas que se presentan con respecto a las verdaderas magnitudes de calentamiento justifican un análisis de las mismas ya que parte de la subida de temperatura podría provenir del efecto de la urbanización., Este efecto ha sido evidenciado progresiva y acumulativamente, a medida que los observatorios han sido gradualmente envueltos por las ciudades en su expansión. El resultado de este proceso podría venir reflejado en el hecho de que la mayor parte de la subida térmica regional se haya producido en las temperaturas mínimas, con un valor de 0,033 ºC/año durante el período 1950-2016. Para el promedio de los tres observatorios, la evolución de las temperaturas máximas con un aumento de 0,017 ºC/año, durante el mismo período, apenas habría contribuido a la mitad del calentamiento en las temperaturas máximas. Nuestros resultados difieren de los obtenidos por Brunet *et al.* (2007), pero otras investigaciones coinciden en observar ese mayor incremento en las temperaturas mínimas en las áreas costeras mediterráneas (Miró, Estrela & Millán, 2006; Horcas, Rasilla & Fernández-García, 2001). Y no faltan estudios que lo vinculan a la urbanización (Gonzalez-Hidalgo, Peña-Angulo, Brunetti & Cortesi, 2015; Gonzalez-Hidalgo, Peña-Angulo, Jiménez-Castañeda & Brunetti, 2016). Esta controversia refuerza la incertidumbre científica sobre el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas (Easterling *et al.*, 1997; Folland *et al.*, 2001). En consecuencia, es preciso analizar el efecto sobre las temperaturas del calor urbano que persiste como una de las principales dudas en la identificación de la naturaleza y magnitud del calentamiento climático regional.

3.2. El análisis del UHI

Como hemos significado, toda una serie de procesos no climáticos siembra de dificultades e incertidumbres la analítica de la evolución de la temperatura regional. El más sutil y más importante de estos procesos es sin duda el efecto de calor urbano. Las ciudades se han convertido en células o burbujas de clima muy diferentes de los alrededores atmosféricos o rurales en que se encuentran. Este proceso, co-

nocido como UHI, parece haber sido ignorado con frecuencia y ello podría constituir un verdadero talón de Aquiles en los análisis de la evolución térmica global (Mitchell *et al.*, 1966; Sneyers, 1975; Easterling and Peterson, 1992; Lamarque and Jourdain, 1994; Easterling *et al.*, 1997; Moberg and Alexandersson, 1997; Venema *et al.*, 2013). Sin embargo, el Quinto Informe del IPCC (2013) ha comenzado a revisar profundamente esas consideraciones relativas al UHI. Los análisis del proceso en China y en otras áreas industrializadas han justificado tal revisión. Así, Efthymiadis & Jones (2010), concluyen que la influencia urbana sería de 0,02 º C por década y hasta un 15 % de la tendencia global del calentamiento registrado entre 1951 y 2009.

Menos categóricas se han mostrado las investigaciones desarrolladas sobre el efecto térmico urbano en la Península Ibérica y su fachada mediterránea. Ciertamente no han faltado reconocimientos sobre la importancia de este proceso en algunas grandes urbes, Madrid, Barcelona, Córdoba, Granada (López Gómez, López Gómez, Fernández García & Arroyo Ilera, 1988; Arroyo Ilera y Fernández García, 1991; Domínguez Bascón, 1999; Puigcerver i Zanón, 1999; Montávez, Rodríguez, & Jiménez, 2000). Sin embargo la mayor parte de las investigaciones concluyen que la tendencia de calentamiento es inequívoca tanto en los observatorios urbanos como en los rurales. Una tendencia que se manifiesta sin diferencias estadísticas significativas entre las temperaturas máximas y las temperaturas mínimas (Brunet *et al.*, 2007) y en la oscilación diurna de temperatura (DTR) (Kenawy, López-Moreno & Vicente-Serrano, 2012). Asimismo aparecería reflejada en los extremos térmicos estivales (Miró *et al.*, 2006; Fernández-Montes, Rodrigo, Seubert & Sousa, 2013), aunque el valor de incremento de los valores extremos haya sido inferior al de las temperaturas medias (Acero, García, Gallego, Parey & Dacunha-Castelle, 2014).

Figura 5. Red de estaciones utilizadas en este estudio: estación Marina de la Universidad en la plataforma petrolífera de BP, estaciones terrestres de la Universidad Jaume I (UJI, Casino, puerto) y Observatorio de Castellón-Almassora (AEMET)

Fuente: Universidad Jaume I, AEMET. Elaboración propia.

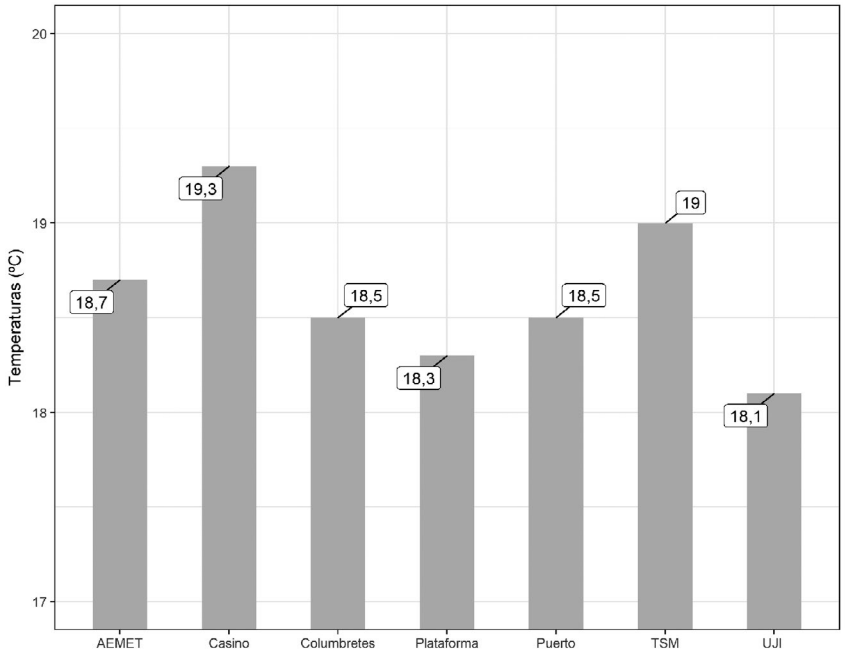
Este efecto del UHI ha sido objeto de un análisis experimental (2001-2016) basado en los registros de cinco estaciones de observación ubicadas en el entorno de la ciudad de Castellón. Ciudad que ha experi-

mentado un notable crecimiento demográfico (Membrado Tena, 2011; Martí Ciriquián y Ponce Herrero, 2011; Serafí Bernat *et al.*, 2015) en los últimos años: en 1970 la ciudad tenía 93.000 habitantes, mientras que en el año 2016 había cerca de 200.000 habitantes.

La investigación se ha basado en los registros de esas cinco estaciones de observación ubicadas en la zona de la ciudad de Castellón. De las cinco estaciones de observación, cuatro (Casino antiguo, UJI, puerto y plataforma) pertenecen a la red de la Universitat Jaume I (UJI) de estaciones meteorológicas automáticas, mientras que el quinto pertenece a la estación de primer orden Castellón-Almassora (Observatorio AEMET). Estos observatorios (figura 5), se seleccionaron para registrar la temperatura en el centro urbano de Castellón de la Plana (Casino Antiguo) y, al mismo tiempo, en las afueras de la ciudad (AEMET, UJI, puerto, y plataforma). Cada estación fue rigurosamente calibrada con dos instrumentos (CASELLA-DAVIS). El estudio experimental ha incluido también el Observatorio excepcional en las Islas Columbretes.

Los registros meteorológicos analizados muestran una gran diferencia entre la temperatura media anual (figura 6) de la estación del Casino Antiguo, en el centro de la ciudad, 19,3 ºC, y la de las otras tres estaciones meteorológicas ubicadas en la periferia urbana (AEMET, UJI y puerto), con registros medios de 18,5 ºC (puerto), 18,1 ºC (UJI, en el exterior del campus) y 18,7 ºC (AEMET). El valor medio de la estación del puerto era casi idéntico a la registrada en la estación de la plataforma petrolífera de BP (18,3 ºC), a 14 metros sobre el nivel del mar y en la interfase de aire-mar, con una TSM (temperatura superficial del mar) de 19 ºC. La temperatura media anual en las Islas Columbretes ha sido de 18,5 ºC.

Figura 6. Significativo valor de las temperaturas medias anuales en los diferentes observatorios (2001-2016), mostrando la magnitud que el UHI puede alcanzar



Fuente: Universidad Jaume I, AEMET. Elaboración propia.

Estos resultados han permitido evaluar la gran magnitud que el UHI puede adquirir. Así, suponiendo que los observatorios ubicados en el exterior de la ciudad de Castellón no estuviesen afectados por la influencia de calor urbano, el valor de UHI en relación con el centro urbano (Casino) oscilaría entre 0,6 ºC en el Observatorio AEMET (a sólo 2 km del centro de la ciudad de Castellón) y 1,2 ºC, 0,8 ºC y 0,8 ºC en el campus la UJI, Puerto y Columbretes respectivamente.

Los valores pueden resultar poco destacados, pero se debe tener en cuenta que se trata de los valores medios anuales. Otros estudios, realizados en el mismo ámbito regional, concretamente para la ciudad de Valencia, revelan valores de UHI mucho más destacados. Además de analizar un área urbana de mayor tamaño, se centran en los eventos más destacados, caso de algunas noches de invierno, que arrojan

registros de 3ºC de UHI, medidos por transectos en automóvil, y 4,5ºC, a través de imágenes de satélite NOAA (Caselles, López García, Meliá, & Pérez Cueva, 1991). La comparación entre los observatorios de Viveros y del Aeropuerto de Valencia da una diferencia en las temperaturas mínimas de entre 1,4 y 2ºC, como valores más frecuentes (Lehoczky, Sobrino, Skokovic & Aguilar, 2017).

Asimismo, esta magnitud de elevación de la temperatura atmosférica es coherente con la establecida entre 0,5 y 0,9 ºC, por el Instituto de Oceanografía en el período 1948-2007, en valor medio, para las aguas superficiales del Mediterráneo español (Vargas Yanez *et al.*, 2010). Asimismo, la evaluación reciente del aumento térmico regional en las principales series de Cataluña ha dado un incremento medio de 0,23 ºC por decenio entre 1950 y 2014 (Martín-Vide, Prohom & Busto, 2016). Un incremento que da un valor muy próximo al obtenido en nuestro análisis.

4. Discusión

Analizados los resultados, procede discutir dos cuestiones. ¿Las zonas urbanas contribuyen a la tendencia de calentamiento observada en el clima de la Comunidad Valenciana? La respuesta que se desprende de nuestro análisis es afirmativa. El análisis experimental verifica que el valor añadido de la UHI podría explicar hasta un 40 % del calentamiento registrado, muy en la línea del 50% del aumento térmico registrado para Estados Unidos por Kalnay & Cai (2003). En este orden de análisis, si el Observatorio de Castellón registró un aumento térmico de 2,2 ºC entre 1950 y 2016, la magnitud de calentamiento climático real resultaría ser inferior, de 1 ºC a 1,4 ºC, lógico teniendo en cuenta el importante crecimiento urbano sobre el territorio (Quereda, Montón & Quereda, 2016). Los cambios más dramáticos en el paisaje español se han dado en la costa mediterránea, sur y sudeste, por debajo de los 500 metros de altitud (Pena-Angulo, Cortesi, Brunetti & González-Hidalgo, 2015; Moliní y Salgado, 2010). Esa magnitud de aumento térmico vendría avalada por los registros térmicos insulares de las islas Columbretes, entre el período 1905-1926 (Wrobel, 1940) y el valor medio del período reciente 1992-2016 (AEMET). Los registros al principio del siglo corresponden a las observaciones del farero que vivía con su familia, en las islas en aquel momento. Los registros actuales corresponden a las observaciones de AEMET automatizadas desde 1992. Los registros indican que la temperatura media aumentó de 1,4 ºC entre el valor medio de 1906-1925, 17,1 ºC, y el valor medio de 1992-2016, 18,5 ºC. El incremento es aún más bajo, si recurrimos a las medias de idénticos períodos para la base de datos NOAA ERSST (Huang *et al.*, 2017), en el punto de grid más próximo a las islas: 0,89ºC. Preciso es de destacar que la técnica de medida antigua, semisuma de máxima y mínima, tan sólo ha mostrado un error inferior a 0,1 ºC en los registros marinos de la plataforma (2001-2012). Un error mínimo, entre 0,1 y 0,2 ºC, que ha sido verificado en las series térmicas de Cataluña (López Díaz, Aguilar Anfrons, Luna Rico, Prohom Duran, Gilabert Gallart, 2014).

Figura 7. Vista de las Islas Columbretes, a 28 millas náuticas de la costa de Castellón. (39°55′00″N-0°40′00″E), con la Illa Grossa, el Mascarat, la Senyoreta y el Montcolibre

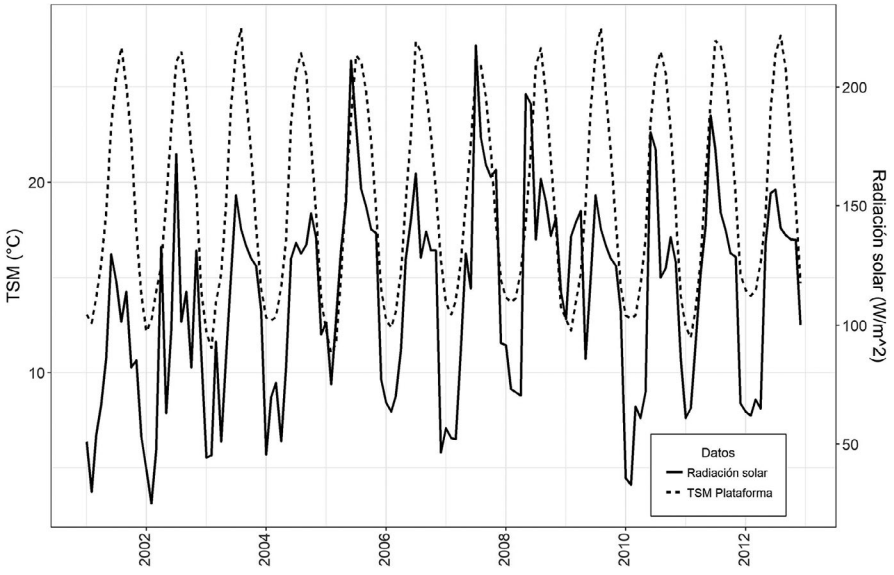
Fuente: Reserva Natural de les Illes Columbretes. (http://www.parquesnaturales.gva.es/web/pn-illes-columbretes).

La estación meteorológica insular está situada junto al faro automatizado en las Islas Columbretes, que comprenden cuatro pequeñas islas volcánicas a 28 millas de la costa de Castellón. El archipiélago, de naturaleza volcánica, está deshabitado y tiene una superficie sobre el nivel del mar de sólo 19 Hm^2, 14 de los cuales corresponden a la Illa Grossa, que se eleva a 67 metros sobre el nivel del mar, justo en el faro automatizado. La estación meteorológica se encuentra junto a las Casernas, a unos 37 metros de altitud, y sus registros fueron sometidos a un control sistemático de las correlaciones de tiempo con aquellos de la plataforma del mar y el faro del puerto de Castellón (figura 7). Unas correlaciones que han mostrado la gran influencia de la temperatura superficial del mar. Una temperatura marina que simultáneamente ha venido elevándose. Ello plantea la búsqueda de las bases físicas del Cambio Climático.

En segundo lugar, la determinación de este significativo calentamiento climático en la Comunidad Valenciana, no debe impedir la respuesta a una trascendente cuestión: ¿efecto de invernadero o actividad solar? Una cuestión básica en las actuales políticas de mitigación. Las bases científicas de los dos últimos informes del IPCC (IPCC, 2007 y 2013) establecen que en *un muy alto grado de confianza* el calentamiento climático global ha sido determinado por la actividad antropogénica. Así, el forzamiento antropogénico neto, desde 1750, equivaldría a 1,6 W/m^2, mientras que el debido a la irradiación solar habría sido de tan sólo 0,12 W/m^2.

Esta magnitud de forzamiento energético se revela altamente coherente con la calculada y registrada sobre las aguas mediterráneas durante el reciente período 2001-2012 (Quereda, Montón, Quereda y Mollá, 2013). La radiación solar global incidente ha registrado un valor de tendencia de 0,01, simultáneamente a un débil valor de calentamiento de las aguas superficiales de 0,0003. El aumento de la radiación solar sería equivalente a un valor medio de 0,16 W/m^2 (figura 8), mientras que la TSM, no parece haber mostrado variación apreciable en el período 2001-2012 y cuyo estudio plantea grandes incertidumbres. Así, los valores de aumento térmico durante la segunda mitad del XX dan resultados de pura abstracción, entre 0,01 y 0,19 ºC (Vargas Yañez *et al.*, 2009). Ambos valores llegan a ser superiores en estudios para el período más dilatado 1982-2012 (Shaltout & Omstedt, 2014). Especialmente es la observación de la TSM en las aguas superficiales de Cataluña, Estartit, para el período 1972-2017, en que se registra un aumento de 0,6 º (Meteo.cat, 2017).

Figura 8. Régimen de la Radiación Solar (W/m^2) y de la TSM en la estación de la plataforma petrolífera de BP (2001-2012)



Fuente: Universidad Jaume I. Elaboración propia.

5. Conclusiones

El presente trabajo constituye una aproximación al conocimiento de la magnitud y naturaleza del calentamiento climático en la Comunidad Valenciana. Un objetivo científico que se halla en el eje del gran problema ambiental del Cambio Climático. Los análisis regionales sobre la red regional de observatorios con series completas de temperatura durante el período 1950-2016, homogeneizadas mediante el SNHT,

han mostrado que esa elevación térmica regional podría haber sido de hasta 1,7 ºC a lo largo del período 1950 y 2016. No obstante, y a pesar del riguroso proceso de homogeneización, los registros experimentales llevados a cabo en el área de Castellón, en el período 2001-2016, han mostrado que el efecto de UHI podría estar afectando con una generación de calor urbano evaluada entre 0,6 y 0,8 ºC. Ello permite concluir que la verdadera elevación de la temperatura regional podría haber sido de 1 ºC entre 1950 y 2016. Una magnitud de calentamiento climático que, asimismo, vendría avalada por los registros térmicos insulares de las islas Columbretes. Unos registros que permiten comparar la temperatura media del período 1905-1926 (Wrobel, 1940) y el valor medio del período reciente, con estación automática, 1992-2016 (AEMET). Los registros indican que la temperatura media aumentó 1,4 ºC entre el valor medio de 1906-1925, 17,1 ºC, y el valor medio de 1992-2016, 18,5 ºC. La técnica de medida antigua (1905-1926), semisuma de máxima y mínima, tan sólo ha mostrado un error inferior a 0,1 ºC en los registros marinos de la plataforma (2001-2012).

Simultáneamente, el estudio aproxima algunas correlaciones físicas sobre las causas de esa elevación de las temperaturas basadas en las interacciones atmósfera-mar. Los registros térmicos y de radiación solar obtenidos en la plataforma marina y en las islas Columbretes permiten afirmar que la aportación de la radiación solar al forzamiento térmico, al menos regional, sea algo más elevada a ese escaso 7,5 % global reconocido en el Quinto Informe del IPCC (2013). En las tierras valencianas de la Cuenca Occidental del Mediterráneo, ese forzamiento solar (0,16 W/m^2 sobre 1,6 W/m^2 global) tal vez podría alcanzar algo más del 10 % del aumento térmico total.

Referencias

Acero, F. J., García, J. A., Gallego, M. C., Parey, S. & Dacunha-Castelle, D. (2014). Trends in summer extreme temperatures over the Iberian Peninsula using nonurban station data. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 39-53. https://doi.org/10.1002/2013JD020590

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2018). Datos de observatorios de la Comunitat Valenciana.

Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T.C. & Wieringa, J. (2003). Guidelines on climate metadata and homogenization. WMO-TD No. 1186, WCDMP No. 53. Geneva: World Meteorological Organization.

Alexandersson, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *International Journal of Climatology*, 6, 661-675. https://doi.org/10.1002/joc.3370060607

Alexandersson. H. & Moberg, A. (1997). Homogenization of Swedish temperature data. Part I: Homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology*, 17, 25-34. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199701)17:1<25::AID-JOC103>3.0.CO;2-J

Arroyo Ilera, F. y Fernández García, F. (1991). *Aproximación al conocimiento del confort térmico urbano de Madrid*. Madrid: Col. Estudios, Universidad Autónoma de Madrid.

Brunet, M., Jones, P. D., Sigró, J., Saladié, O., Aguilar, E., Moberg, A., … López, D. (2007). Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850-2005. *J. Geophys. Res.*, 112, D12117. https://doi.org/10.1029/2006JD008249

Caselles, V., López García, M. J., Meliá, J., & Pérez Cueva, A. J. (1991). Analysis of the heat-island effect of the city of Valencia, Spain, through air temperature transects and NOAA satellite data. *Theor. Appl. Climatol.*, 43, 195-203. https://doi.org/10.1007/BF00867455

Domínguez Bascón, P. (1999). *Clima, Medio Ambiente y Urbanismo en Córdoba*. Córdoba: Diputación de Córdoba.

Easterling, D. R. & Peterson T. C. (1992). Techniques for detecting and adjusting for artificial discontinuities in climatological time series: a review. *5th International Meeting on Stat. Climatology*, June 22-26, 1992, Toronto.

Easterling, D. R., Horton, B., Jones, P. D., Peterson, T. C., Karl, T. R., Parker, D. E.., … Folland, C. K. (1997). Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science,* 277, 364-367. https://doi.org/10.1126/science.277.5324.364

Efthymiadis, D. A. & Jones, P. D. (2010). Assessment of Maximum Possible Urbanization Influences on Land Temperature Data by Comparison of Land and Marine Data around Coasts. *Atmosphere*, 1, 51-61. https://doi.org/10.3390/atmos1010051

Fernández-Montes, S., Rodrigo, F. S., Seubert, S. & Sousa P. M. (2013). Spring and summer extreme temperatures in Iberia during last century in relation to circulation types. *Atmospheric Research*, *127*, 154-177. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.07.013

Folland, C. K., Karl, T. R., Christy, J. R., Clarke, R. A., Gruza, G. V., Jouzel, J., … Wang, S. W. (2001). Observed climate variability and change. In J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson, (eds.). *Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 99-182). New York: Cambridge Univ. Press.

Gonzalez-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., Brunetti, M. & Cortesi, N. (2015). MOTEDAS: a new monthly temperature database for mainland Spain and the trend in temperature (1951-2010). *International Journal of Climatology*, 35, 4444-4463. https://doi.org/10.1002/joc.4298

Gonzalez-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., Jiménez-Castañeda, A. & Brunetti, M. (2016). Variaciones recientes de las temperaturas en España: el efecto del período elegido en las tendencias de las series estacionales de promedios de máximas y mínimas. En J. Olcina Cantos, A. M. Rico Amorós & E. Moltó Mantero (eds.). *Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), nº 10, Serie A (pp. 471-482). https://doi.org/10.14198/XCongresoAECAlicante2016-44

Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt K B, Tignor M, Miller H L (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. Available online at: http://www.gcrio.org/online.html

Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker T F, Qin D, Plattner G - K, Tignor M, Allen S K, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley P M (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. Retrieved from: http://www.gcrio.org/online.html

Horcas, R., Rasilla, D. & Fernández-García F. (2001). Temperature variations and trends in the Segura River Basin. An exploratory analysis. In M. Brunet & D. Lopez (eds). *Detecting and Modeling Regional Climate Change* (pp. 133-142). https://doi.org/10.1007/978-3-662-04313-4_12

Huang, B., Thorne, P. W., Banzon, V. F., Boyer, T., Chepurin, G., Lawrimore, J. H., … Zhang, H.-M. (2017). *NOAA Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST), Version 5*. NOAA National Centers for Environmental Information. https://doi.org/10.7289/V5T72FNM. NOAA_ERSST_V5 data provided by the NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, from their Web site at https://www.esrl.noaa.gov/psd/

Kalnay, E. & Cai, M. (2003). The impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature*, 423, 528-531. https://doi.org/10.1038/nature01675

Kenawy, A., López-Moreno, I. & Vicente-Serrano, S. M. (2012). Trend and variability of temperature in northeastern Spain (1920-2006): linkage to atmospheric circulation. *Atmospheric Research*. 106, 159-180. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.12.006

Lamarque, Ph., & Jourdain S. (1994). Élaboration de longues séries climatologiques homogènes pour l'étude de l'évolution climatique. *La Météorologie*, 8ᵉ série, 7, 61-69. https://doi.org/10.4267/2042/53443

Lehoczky, A., Sobrino, J. A., Skokovic, D. & Aguilar, E. (2017). The urban heat island effect in the city of Valencia: a case of study for hot summer days. *Urban Sci.*, *1*(1), 9. https://doi.org/10.3390/urbansci1010009

López Díaz, J. A., Aguilar Anfrons, E., Luna Rico, Mª. Y., Prohom Duran, M. y Gilabert Gallart, A. (2014). Corrección del sesgo de la temperatura diaria con la introducción de las estaciones automáticas, *Cambio climático y cambio global*, IX Congreso Internacional AEC (Almería), Serie A, nº 9, 1-10.

López Gómez, A., López Gómez, J., Fernández García, F. y Arroyo Ilera, F. (1988). *El clima urbano de Madrid, La isla de calor*. Madrid: CSIC.

Martí Ciriquián, P y Ponce Herrero, G. (2011). Pautas en la fragmentación de la forma urbana en las ciudades del arco mediterráneo español. En Gozálvez Pérez, V. y Marco Molina, J-A. (Eds). XXII Congreso de Geógrafos Españoles. *Urbanismo expansivo, de la utopía a la realidad* (pp. 391-402).

Martín-Vide, J., Prohom, M., & Busto, M. (2016). Evolució recent de la temperatura, la precipitació i altres variables climàtiques a Catalunya. *Tercer Informe del Canvi Climàtic a Catalunya* (pp. 93-112). Barcelona: Institut d'Estudis Catalans i Generalitat de Catalunya.

Membrado Tena, J.C. (2011). Cartografía del urbanismo expansivo valenciano, según SIOSE. En V. Gozálvez Pérez y J-A. Marco Molina (Eds). XXII Congreso de Geógrafos Españoles. *Urbanismo expansivo, de la utopía a la realidad* (pp. 427-438).

Meteo.cat. (2017). Temperatura del mar en L'Estartit en 2017. http://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/el-clima-ara/temperatura-del-mar/.

Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM) (2007). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*.

Miró J. J., Estrela M. J. & Millán, M. (2006). Summer temperature trends in a Mediterranean area (Valencia region). *International Journal of Climatology*, 26, 1051-1073. https://doi.org/10.1002/joc.1297

Mitchell, J. R., Dzerdzeevskii, J. M., Flohn, H., Hoymeyr, W. L., Lamb, H. H., Rao, K. N., and Wallen, C. C. (1966). *Climatic Change*, T. Note No.79. Geneva: World Meteorological Organization (WMO).

Moberg, A. & Alexandersson, H. (1997). Homogenization of Swedish temperature data, Part II: Homogenized gridded air temperature compared with a subset of global gridded air temperature since 1861. *International Journal of Climatology*, 17, 35-54. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199701)17:1<35::AID-JOC104>3.0.CO;2-F

Moliní, F. y Salgado, M. (2010). Superficie artificial y viviendas unifamiliares en España, dentro del debate entre ciudad compacta y dispersa. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 54, 125-147.

Montávez, J. P., Rodríguez, A. & Jiménez, J. I. (2000). A study of the urban heat island of Granada, *International Journal of Climatology*, 20, 899-911. https://doi.org/10.1002/1097-0088(20000630)20:8<899::AID-JOC433>3.0.CO;2-I

Pena-Angulo, D., Cortesi, N., Brunetti, M. & González-Hidalgo, J. C. (2015). Spatial variability of máximum and mínimum monthly temperatura in Spain during 1981-2010 evaluated by correlation decay distance (CDD). *Theor Appl Climatol*, *122* (1-2), 35-45. https://doi.org/10.1007/s00704-014-1277-x

Puigcerver i Zanón, M. (1999). *Curs secular de la temperatura a l'observatori Fabra: una anàlisi preliminar*. Sesión inaugural del Curso 1999-2000 de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 957, Vol. LVIII, núm. 2, 74 pp.

Quereda, J., Gil, A., Olcina, J., Rico, A. Montón, E., & Escrig. J. (2000). Climatic warming in the Spanish Mediterranean. Natural Trend or Urban effect. *Climatic Change*, *46*(4), 473-483. https://doi.org/10.1023/A:1005688608044

Quereda, J., Montón, E., Quereda, V. y Mollá, B. (2013). La Radiación solar (global y ultravioleta) en la Provincia de Castellón. *Boletín Sociedad Castellonense de Cultura*, 89, 5-11.

Quereda, J., Montón, E. and Quereda, V. (2016). Significant Climatic Warming (1950-2013) in the Spanish Mediterranean: Natural Trend or Urban Heat Island (UHI). *Tethys*, *Revista de Meteorología y Climatología Mediterránea,* 13, 11-20.

Reserva natural de les Illes Columbretes (2018). Parc natural de la Comunitat Valenciana: les illes Columbretes. http://www.parquesnaturales.gva.es/web/pn-illes-columbretes

Serafí Bernat, J., Alama Sabater, Mª. L., Alcañiz Moscardó, M., Maset Llaudes, Mª. A., Soto Personat, G., Valls Fabregat, S. y Martínez Rafael, V. (2015). *La inmigración en Castellón de la Plana, Capital social, redes sociales y estrategias de adaptación a la crisis económica, Castelló (Espanya)*. Castellón: Ed. Fundación Dávalos-Fletcher.

Shaltout, M. & Omstedt, A. (2014). Recent sea Surface temperatura trends and future scenarios for the Mediterranean sea. *Oceanologia*, 56(3), 411-443. https://doi.org/10.5697/oc.56-3.411

Sneyers, R. (1975). *Sur l'analyse statistique des séries d'observations*. Note technique nº 143. Genève: Organisation Météorologique Mondiale .

Universidad Jaume I (2018). Datos de la red de observatorios de la Estación de Climatología Aplicada.

Vargas Yánez, M., García Martínez, Mª. C., Moya Ruiz, F., Tel, E., Parrilla, G., Plaza, F., Lavín, A., García, Mª. J. (2010). *Cambio climático en el Mediterráneo español*. Madrid: Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Ciencia e Innovación.

Vargas-Yáñez, M., Moya, F., Tel, E., García-Martínez, Mª. C., Guerber, E. & Bourgeon, M. (2009). Warming and salting in the western Mediterranean during the second half of the 20th century: inconsistencies, unknowns and the effect of data processing. *Scientia Marina*, 73, 1, 7-28. https://doi.org/10.3989/scimar.2009.73n1007

Venema, V. K. C., Mestre, O., Aguilar, E., Auer, I., Guijarro, J. A., Domonkos, P., … Willett, K. (2013). Benchmarking homogenization algorithms for monthly data. *AIP Conference Proceedings*, 1552 8, 1060-1065. https://doi.org/10.1063/1.4819690

Wrobel, J. (1940). *Das Klima von Catalonien und der Provinz Castellon auf Grund der spanischen Wetterbeobachtungender Jahre 1906 bis 1925*. Hamburg: Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte und des Marineobservatoriums.

Nº 69, enero-junio de 2018, pp. 55-72.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO2018.69.04

Investigaciones Geográficas
Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante

Cita bibliográfica: Gutiérrez Hernández, O. & García, L. V. (2018). Incidencia de *Xylella fastidiosa* en las Islas Baleares y distribución potencial en la península ibérica. *Investigaciones Geográficas,* (69), 55-72. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.04

Incidencia de *Xylella fastidiosa* en las Islas Baleares y distribución potencial en la península ibérica

Occurrence of Xylella fastidiosa in the Balearic Islands and potential distribution areas in the Iberian Peninsula

Oliver Gutiérrez Hernández[1]
Luis V. García[2]

Resumen

Las invasiones biológicas constituyen una de las principales amenazas a la economía y a la biodiversidad relacionadas con el cambio global. Recientemente, ha irrumpido en las Islas Baleares un organismo fitopatógeno muy dañino: *Xylella fastidiosa*. Es una bacteria confinada en el xilema de las plantas que causa mortalidad sin curación en un gran número de cultivos leñosos de gran importancia, entre los cuales se encuentran el olivo, la vid, el almendro y los cítricos. En este trabajo abordamos una aproximación al estudio de la distribución del patógeno en las Islas Baleares y desarrollamos un modelo de distribución potencial de *Xylella fastidiosa* en la península ibérica calibrado con registros de presencia colectados en el archipiélago. Los resultados preliminares apuntan a una alta incidencia del *Xylella fastidiosa* en las Islas Baleares y proyectan una amplia distribución potencial del patógeno en la península ibérica, especialmente allí donde las temperaturas mínimas del mes más frío son más son más suaves.

Palabras clave: Especies invasoras; Riesgos biológicos; Kernel; Maxent.

Abstract

Biological invasions are one of the main threats related to the economy and the biodiversity related to global change. Recently, a very harmful phytopathogenic organism has been detected in the Balearic Islands: *Xylella fastidiosa*. It is a plant pathogen that causes mortality without cure in a large number of important woody crops such as olives, grapevines, almonds and citrus trees. This paper discusses an approach to the study of the spatial distribution of the pathogen in the Balearic Islands and a potential distribution model of the pathogen in the Iberian Peninsula, which is developed and based on the records of its presence in the Balearic Islands. The preliminary results point to a high incidence of *Xylella fastidiosa* in the Balearic Islands and they forecast a wide potential distribution of *Xylella fastidiosa* in the Iberian Peninsula, especially where the minimum temperatures of coldest month of the year are milder.

Keywords: Invasive species; Biological risks; Kernel; Maxent.

1. Introducción

1.1. Las invasiones biológicas en un escenario de cambio global

El impacto de la huella humana en el planeta hace mucho que sobrepasó la escala de los fenómenos locales. Crece el consenso en torno al denominado Antropoceno, considerado una época funcional y

1 Departamento de Geografía. Universidad de Málaga, España. olivergh@uma.es
2 Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología (IRNAS – CSIC), España. ventura@cica.es

Recepción: 14/11/2017. **Aceptación:** 14/02/2018. **Publicación:** 13/06/2018.

Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

estratigráficamente diferente del Hocoleno (Waters *et al.*, 2016). Una de las múltiples dimensiones en las cuales se sustenta esta idea es la recomposición en tiempo real de un nuevo mapa biogeográfico de la Tierra como consecuencia de la dispersión de especies exóticas inducida por las actividades humanas (Capinha, Essl, Seebens, Moser, y Pereira, 2015).

La globalización es una consecuencia de la apertura, la conectividad y la integración de los muy diversas regiones y economías del planeta (Arribas, Pérez y Tortosa-Ausina, 2009). Y en este contexto canalizado por los sistemas de transporte, el comercio desempeña un rol fundamental en la propagación de especies exóticas (Banks, Paini, Bayliss y Hodda, 2015). Más de 13.000 especies de plantas se han naturalizado más allá de su lugar de origen como consecuencia de las actividades humanas, una cifra que equivale aproximadamente a la flora nativa del continente europeo (van Kleunen *et al.*, 2015). Y estamos hablando sólo de plantas, pero también hay que sumar animales, insectos y un sinfín de microorganismos invisibles que viajan junto con estos. En la última centuria, los países desarrollados han sido importadores netos de nuevas especies y los modelos de distribución basados en los escenarios de cambio climático previstos auguran un aumento de las especies exóticas en Europa frente a un descenso de las mismas en las regiones tropicales (Casties, Seebens y Briski, 2016).

La terminología es compleja y se entremezclan nociones que adjetivan a las especies como "exóticas", "introducidas", "naturalizadas" o "invasivas", conceptos que tienen que ver con los procesos y los impactos positivos y negativos de las especies alóctonas (Colautti y MacIsaac, 2004). Los impactos de las especies exóticas son heterogéneos, de magnitudes muy desiguales y no unidireccionales (Vila *et al.*, 2011). Sin embargo, la mayor parte de los biólogos consideran que la propagación de especies exóticas debería controlarse lo máximo posible debido a que su impacto comporta, además, un gran componente de incertidumbre (Larson *et al.*, 2013). La European Food Safety Authority (EFSA) considera especie exótica toda especie —planta, animal o microorganismo— que ha sido introducida como resultado de una actividad humana en zonas que no podría haber alcanzado de manera natural. Obviamente, esta definición incluye a numerosas especies forestales y agrícolas. Por este motivo, se considera que las especies invasoras son aquellas que, además, alteran las comunidades vegetales nativas o aquellas producen daños en las plantas cultivadas (Mediterranean Plant Protection Organization, EPPO).

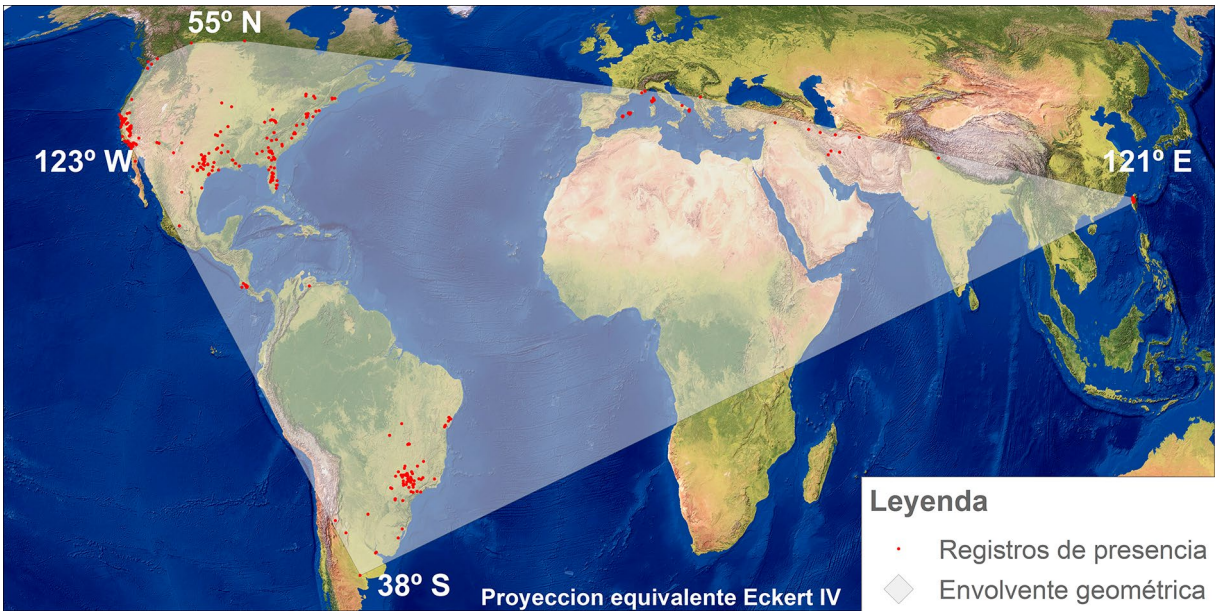
Los esfuerzos realizados para mitigar las invasiones biológicas no han sido efectivos y algunos autores sostienen que es una tarea de difícil solución (Seebens *et al.*, 2017a). Se ha estimado que en los Estados Unidos de América existen más de 50.000 especies exóticas, entre las cuales las especies invasivas provocan unas pérdidas económicas millonarias (Pimentel, Zuniga y Morrison, 2005). Buena parte de las especies invasoras proceden de áreas situadas a una distancia promedio de 10.000 km (Seebens, Essl y Blasius, 2017b). Además del transporte, el origen de las especies juegan un rol importante en el éxito de la invasión (Casties e*t al.*, 2016).

1.2. Alerta fitosanitaria en Europa: Xylella fastidiosa

Xylella fastidiosa es una de las bacterias fitopatógenas más peligrosas del mundo (Wells *et al.*, 1987). Se trata de una bacteria confinada en el xilema de las plantas y transmitida por insectos vectores cuya patogenicidad la convierte en un organismo potencialmente dañino en un gran número de cultivos leñosos (Hopkins, 1989; Janse y Obradovic, 2010). Su difusión constituye una gran amenaza, dado que se trata de un organismo altamente patógeno que afecta a numerosas especies de interés agrícola y de gran importancia económica y paisajística.

Con origen en el continente americano (Nunney, Ortiz, Russell, Sánchez y Stouthamer, 2014), *Xylella fastidiosa* se ha detectado, además, en Europa y Asia. Aparece en numerosos lugares Sudamérica y Norteamérica y, en Europa, ha hecho acto de presencia en países como Italia (región de Apulia), Francia (isla de Córcega), Serbia (Kosovo) y España (Islas Baleares). El potencial de dispersión de *Xylella fastidiosa* no sólo radica en la difusión de los insectos vectores, que realmente sólo son buenos dispersores a corta distancia, sino en el comercio y transporte del material vegetal infectado. Es una amenaza global (Purcell, 1997). Como se aprecia en la figura 1, la envolvente geométrica de su distribución geográfica es muy amplia, y abarca desde California hasta Taiwán, pasando por la cuenca Mediterránea y Oriente Medio, y desde Canadá hasta Argentina, pivotando en Centroamérica.

Figura 1. Registros de presencia de *Xylella fastidiosa* en el mundo



Fuente: EFSA (2016). Elaboración propia.

Xylella fastidiosa puede producir graves daños en cultivos como la vid (enfermedad de Pierce), el olivo, los cítricos (clorosis variegada) o el almendro (Almeida y Purcell, 2003; Araújo *et al.*, 2002; Loconsole *et al.*, 2014). También resulta patógena en cultivos como el aguacate, el peral o el arándano; en árboles como el olmo, el roble o el arce; y, en especies ornamentales ampliamente distribuidas como la adelfa o el plátano de sombra. A día de hoy, se conocen hasta 359 especies hospedantes (EFSA, 2016), y en muchas de las cuales la bacteria no provoca daños y pasa desapercibida, pero en las especies más susceptibles llega a producir un decaimiento acelerado que conduce a la seca y muerte del árbol, debido a que la multiplicación de la bacteria en el interior del xilema puede conducir la obstrucción del flujo de savia (Almeida, 2013; Redak *et al.*, 2004). Los síntomas varían según la especie y el estadio de la infección: clorosis, evidencias de marchitez, necrosis foliar, súbito aumento de hojas y ramas secas, hasta un decaimiento generalizado. La bacteria es transmitida por numerosos insectos vectores (cicadélidos y cercópidos), hemípteros chupadores que se alimentan del xilema (Almeida, 2013).

En 2013, se informó el primer registro de presencia de *Xylella fastidiosa* en un país miembro de la Unión Europea, en la región italiana de Apulia (Italia), donde se produjeron importantes daños en olivos (Carlucci, Lops, Marchi, Mugnai, y Surico, 2013; Mang, Frisullo, Elshafie, y Camele, 2016). En julio de 2015, las autoridades francesas detectaron la presencia de la bacteria en la isla de Córcega, donde se ha encontrado el patógeno en alcornoque, una especie también susceptible al patógeno según la EFSA. En 2016 aparece en un invernadero de Alemania, lo que pone en evidencia las medidas de control de estas instalaciones, que facilitan material biológico a trabajos de jardinería, agricultura y medio forestal. Previamente, en 2011, también había sido detectada en el país galo en plantas de café de un vivero. Volvieron a detectarse positivos en viveros de Holanda y Alemania. Desde 2015, las instituciones europeas comenzaron a tomar cartas en el asunto, informando, legislando y coordinando a los países miembros de la Unión. Recientemente, la presencia de *Xylella fastidiosa* ha sido detectada en las Islas Baleares (figura 2), donde se cree que el patógeno está presente desde 2012 (Sección de Sanidad Vegetal, Gobierno de Islas Baleares). En enero de 2017, el Gobierno Español publicó la Orden APM/21/2017, por la que se establecen medidas específicas de prevención en relación con la bacteria *Xylella fastidiosa*. Como medida provisional, se prohibió la salida de material vegetal (excepto semillas) procedente de las Islas Baleares hasta que se ultimen las investigaciones sobre la presencia real de la bacteria en el archipiélago. Pese a estas medidas, no se ha podido frenar la dispersión de *Xylella fastidiosa* hacia la península ibérica. El 30 de junio de 2017, la Consejería de Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural de la Generalitat Valenciana, informó de la presencia del patógeno en una parcela agrícola de la provincia de Alicante.

Figura 2. Olivar afectado por *Xylella fastidiosa* en Mallorca. Seca de hojas y ramas de olivo

Fuente: Sección de Sanidad Vegetal. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Pesca del Gobierno de las Islas Baleares.

1.3. Hipótesis y objetivos

En los últimos años, el estudio de los riesgos naturales constituye una de las ramas más activas de la geografía aplicada especialmente en el estudio de las inundaciones, los fenómenos geomorfológicos y los incendios forestales (Montz y Tobin, 2011). Sin embargo, el estudio geográfico de los riesgos biológicos asoma tímidamente como unos de los campos menos explorados entre la comunidad de geógrafos y ambientólogos.

Este trabajo pretende reivindicar la relevancia de la Geografía y el análisis de datos geoespaciales en el marco del estudio de la dinámica de las especies exóticas o invasoras que protagonizan los principales riesgos biológicos del momento.

En esta investigación, hemos centrado nuestra atención sobre los registros de presencia o casos positivos de *Xylella fastidiosa* detectados en las Islas Baleares por la Sección de Sanidad Vegetal de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Pesca del Gobierno de las Islas Baleares. A través de estos registros, estudiamos la distribución espacial del patógeno y realizamos una primera aproximación para conocer la influencia de los factores bioclimáticos que podrían favorecer la capacidad de acogida de un espacio geográfico.

Partimos de la hipótesis de que la aparición de *Xylella fastidiosa* en las Islas Baleares podría responder a un patrón de incidencia en el que la bioclimatología juega un rol muy importante. En Europa, el patógeno ha sido detectado en Apulia y Córcega, regiones marítimas y templadas donde predominan ecosistemas y agrosistemas genuinamente mediterráneos. En Estados Unidos, la mayor parte de los casos positivos han sido registrados en California, Texas y Florida. Y en general, parece que la incidencia del patógeno es mayor en los espacios litorales de clima templado donde los contrastes termométricos no llegan a ser extremos.

Por este motivo, pensamos que podría proyectarse un patrón modelo basado en factores bioclimáticos hacia regiones donde el patógeno no ha sido detectado con ayuda de técnicas de modelización de patrones que también implementasen funciones de extrapolación más allá del rango de calibración de los datos. La virtud de la extrapolación reside en su capacidad para determinar la capacidad de acogida de un espacio ambiental hacia un nuevo organismo exótico.

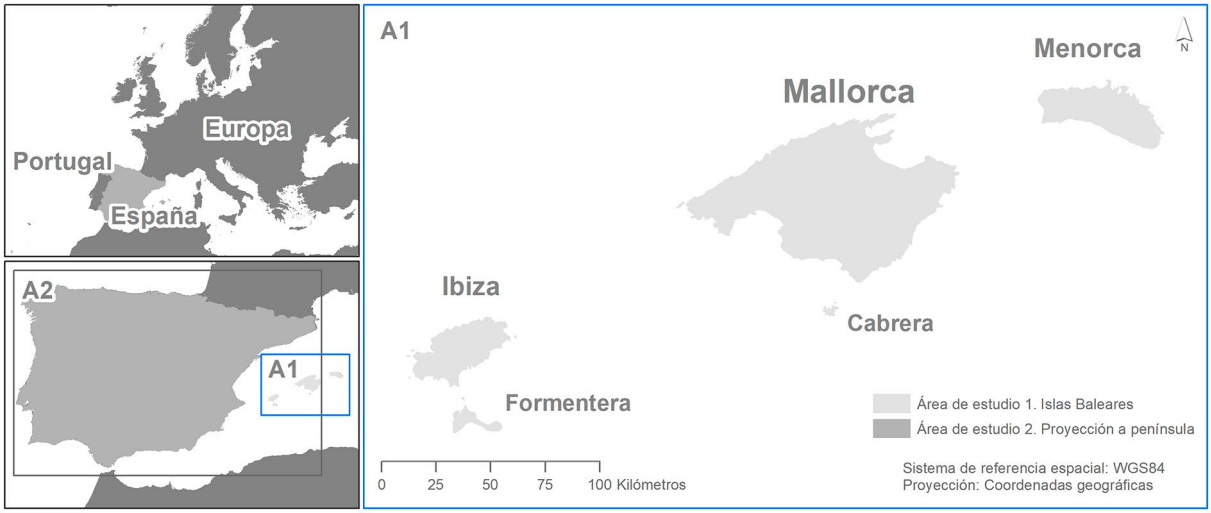
De modo que el objetivo específico del trabajo es:

1. Estudiar los patrones de distribución espacial de la incidencia de *Xylella fastidiosa* en Islas Baleares.
2. Generar modelos de distribución potencial basados en registros de presencia incompletos localizados en Islas Baleares a través de modelos máxima entropía siguiendo una triple aproximación:
   a. M1. Islas Baleares como área de calibración del modelo.
   b. M2. Islas Baleares y península ibérica como área de calibración.
   c. M3. Modelo de consenso basado en Superposición difusa de M1 y M2.

1.4. Área de estudio

Dividimos el área de estudio en dos partes (figura 3). Las Islas Baleares constituyen el área donde registramos la presencia de *Xylella fastidiosa* (A1). Es la región en la que se han estudiado los patrones espaciales de los registros de presencia (casos positivos de *X. fastidiosa*). Complementariamente, establecimos otra área de proyección y calibración (A2), la península ibérica, que es la región donde proyectamos los modelos basados en registros de presencia localizados en las Islas Baleares en el caso del modelo M1, pero que también empleamos como área de calibración en el caso del modelo M2, como se describe en los objetivos. Para evitar conflictos cartográficos relacionados con el sistema de referencia espacial, trabajamos conjuntamente (en A1 y A2) con el sistema de coordenadas geográficas WSG84, con la única salvedad de que, para el cálculo de superficies y mapas de densidades en el área de estudio principal (Islas Baleares), calculamos con datos proyectados en el sistema de referencia espacial ETRS89 Huso 31.

Figura 3. Área de estudio



Fuente: cartografía de referencia del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Elaboración propia.

2. Material y métodos

2.1. Registros de presencia, patrones de densidad y estrategia de muestreo

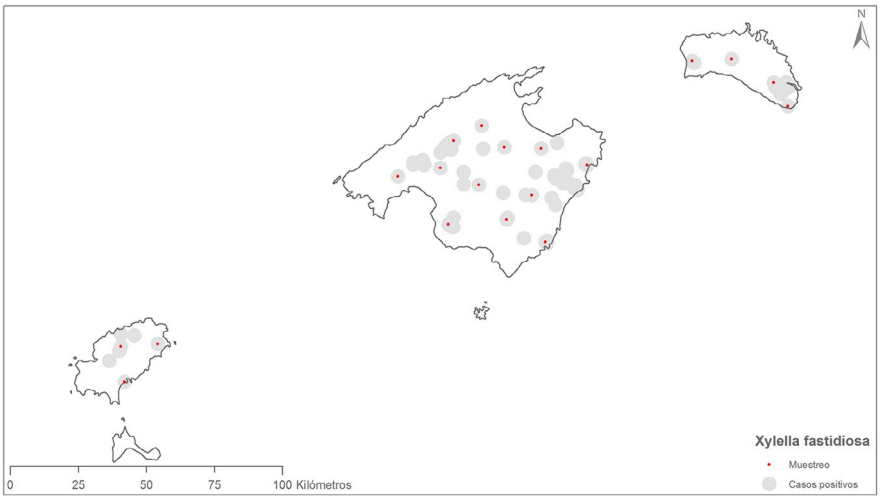
Utilizamos los registros de presencia de *Xylella fastidiosa* facilitados por la Sección de Sanidad Vegetal de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Pesca del Gobierno de las Islas Baleares. Los archivos originales registraban un conteo de casos positivos en cada localización. Convertimos los datos en registros de presencia binarios, y registramos sólo los casos positivos con el código "1". Graficamos los datos a través de un mapa de densidad de los registros de presencia basado en las densidades de Kernel en el que consideramos todos los casos positivos.

No usamos casos negativos (0) por diferentes motivos. En primer lugar, no tuvimos acceso a posibles negativos muestrales; en segundo lugar, no conocemos la naturaleza de la estrategia de muestreo llevada a cabo; en tercer lugar, aun contando con registros negativos y un muestreo sistemático, en el marco de los estadios iniciales de un proceso de invasión biológica, los registros de ausencia pueden estar influenciados por múltiples causas (ambientales, espacio-temporales, muestrales) (Lobo, Jiménez-Valverde y Hortal, 2010), y de ninguna manera pueden equipararse a los registros de presencia. Desde el punto de vista empírico, en el campo de la modelización de nichos ecológicos, es muy difícil justificar una relación de antagonismo entre presencias y ausencias de una especie invasora como variable respuesta influenciada por el medio abiótico, el medio biótico y el contexto biogeográfico. Por este motivo, sólo trabajamos con registros de presencia y una selección aleatoria de datos de fondo o background.

Sobre la base de los casos positivos de *Xylella fastidiosa* registrados por la Sección de Sanidad Vegetal de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Pesca del Gobierno de las Islas Baleares, realizamos un muestreo sistemático regular donde seleccionamos registros de presencia situados a una distancia mínima

de 10 Km para reducir los efectos de la autocorrelación espacial y los patrones de agregación de puntos (Boria, Olson, Goodman y Anderson, 2014) Este muestreo se utilizó para calibrar los modelos descritos en el apartado 3.4 (figura 4).

Figura 4. Diseño de muestreo



Fuente: casos positivos detectados por la Sección de Sanidad Vegetal. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Pesca del Gobierno de las Islas Baleares. Elaboración propia.

2.2. Predictores del nicho bioclimático del patógeno

Diecinueve de las variables utilizadas fueron bioclimáticas, procedentes del repositorio Worldclim 2 (Fick y Hijmans, 2017). La resolución de los datos ambientales y territoriales fue de 30 segundos (0,93 x 0,93 km = 0,86 km^2 en el ecuador) acorde con el sistema de coordenadas geográficas WGS84 (tabla 1).

Tabla 1. Conjunto de variables bioclimáticas empleadas inicialmente

Cod	*Variable*
Bio1	Temperatura media anual
Bio2	Amplitud media diurna
Bio3	Isotermicidad (bio2/bio7) (* 100)
Bio4	Temperatura estacional (desviación estándar * 100)
Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío
Bio7	Amplitud térmica anual (bio5-bio6)
Bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo
Bio9	Temperatura media del trimestre más seco
Bio10	Temperatura media del trimestre más cálido
Bio11	Temperatura media del trimestre más frío
Bio12	Precipitación anual
Bio13	Precipitación del mes más lluvioso
Bio14	Precipitación del mes más seco
Bio15	Precipitación estacional (coeficiente de variación)
Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo
Bio17	Precipitación del trimestre más seco
Bio18	Precipitación del trimestre más cálido
Bio19	Precipitación del trimestre más frío

Fuente: Wordlclim 2 (Fick y Hijmans, 2017). Elaboración propia.

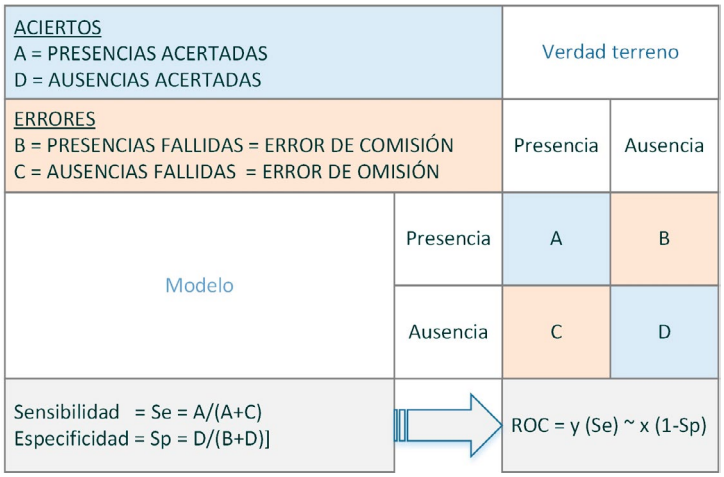
Como el uso de todas las variables bioclimáticas en los modelos estadísticos comportaría problemas de multicolinealidad debido que buena parte de las variables derivadas de temperatura y precipitación están correlacionadas entre sí, analizamos las correlaciones entre variables, agrupamos las variables más correlacionadas en familias y graficamos los resultados en un dendrograma. Definimos un umbral de corte (0,5), seleccionamos la variable no correlacionada automáticamente y, entre las agrupadas en el mismo clúster, siguiendo un criterio supervisado, elegimos la más adecuada.

2.3. Modelización predictiva del nicho bioclimático

Utilizamos un algoritmo (Maxent) procedente del campo de la inteligencia artificial que produce buenos resultados reconstruyendo señales degradadas o registros incompletos de información. En efecto, Maxent es un algoritmo que maximiza la entropía bajo las restricciones de los factores en busca de la distribución más uniforme posible, y resulta especialmente útil cuando se dispone de pocos registros de presencia (Phillips y Dudi, 2008). En nuestro análisis, empleamos la versión de Maxent 3.4.1 (Phillips, Anderson, Dudík, Schapire y Blair, 2016) con la siguiente configuración: Features: linear y quadratic, para reducir la complejidad del modelo; Output: Cloglog, una aproximación a la probabilidad de presencia: Regularization multiplier = 1.5, con el que suavizamos la predicción para producir un ligero sobreajuste. Desactivamos la opción "Clamping" y "Extrapolate". Generamos 25 réplicas del modelo, reservando un 30 % de los datos para evaluación, y en cada iteración se remuestrearon los datos mediante Bootstrapping. Los mapas con las predicciones de M1 y M2 se basaron en la media de las 25 réplicas.

Evaluamos la capacidad discriminante de los modelos con la matriz de confusión (figura 5), según la cual calculamos sensibilidad y especificidad (Fielding y Bell, 1997).

Figura 5. Matriz de confusión

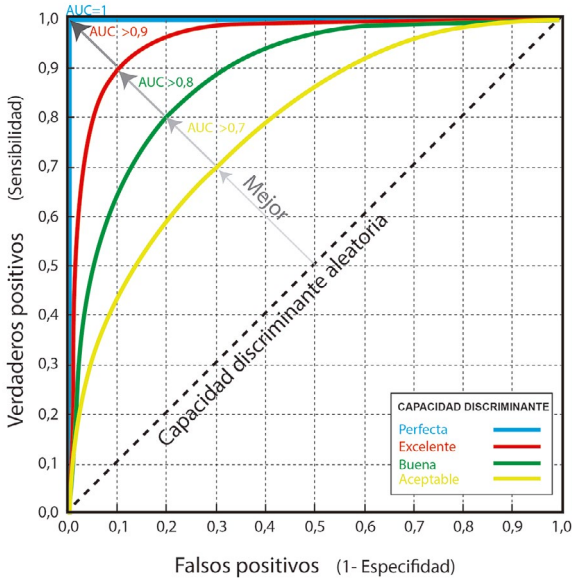


Elaboración propia.

Con estos parámetros trazamos la curva ROC (Receiver Operating Characteristic) y calculamos el Área Bajo la Curva (AUC, del inglés AREA Under the Curve) (figura 6).

Es importante aclarar que un modelo evaluado sólo con registros de presencia no calcula una verdadera especificidad, ni tampoco un verdadero AUC, porque para ello se requieren datos reales de ausencia. No obstante, esto no significa que el AUC sea inútil, sólo que tiene otro significado. Desafortunadamente, en muchos artículos científicos no se manifiesta con la suficiente claridad este matiz y se expone una interpretación errónea de la capacidad discriminante de los modelos. Un AUC calculado con presencias y ausencias reales indica la capacidad del modelo para discriminar una presencia sobre una ausencia. En nuestro caso, el AUC indicó la capacidad del modelo para discriminar una presencia de un valor aleatorio y su utilidad es relativa, en tanto que no podemos conocer su verdadera capacidad discriminante, pero sí una aproximación al grado de ajuste de cada modelo generado con las mismas variables. Ante las limitaciones para evaluar la capacidad discriminante de los modelos, calculamos la desviación estándar de las predicciones espaciales basada en la media de las 25 iteraciones réplicas de cada modelo (M1 y M2). Ello nos permitió conocer además una aproximación a la distribución espacial de la dispersión en las predicciones.

Figura 6. Curva ROC



Elaboración propia.

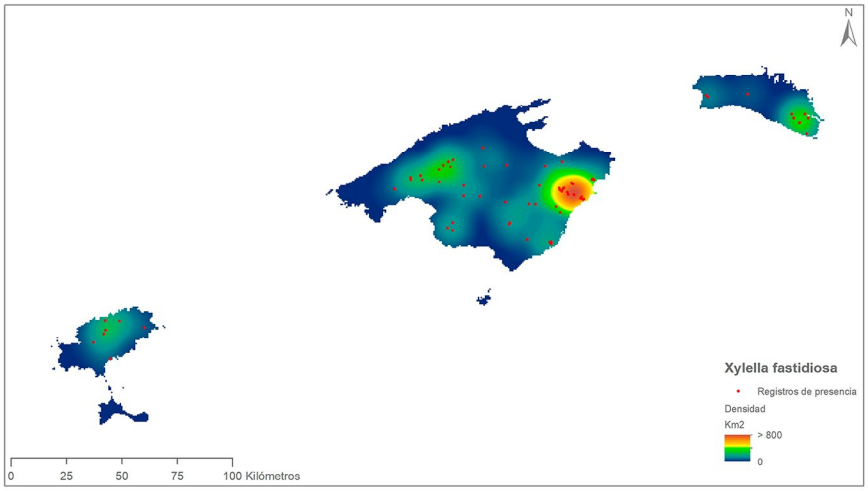
Finalmente, para producir el modelo de consenso M3 basado en conjuntos de pertinencia borrosa, realizamos una Suma difusa de los modelos M1 y M2. Suma difusa es una función creciente donde se considera que la combinación de múltiples evidencias es más importante que cualquiera de las dos evidencias por separado.

3. Resultados

3.1. Incidencia del patógeno en Islas Baleares

La mayor parte de los positivos se localizaron en la isla de Mallorca, concentrados entre Manacor, Sant Llorenç des Cardassar y Son Servera (figura 7). También destacó el entorno metropolitano de Palma de Mallorca hasta el municipio de Alaró. Las mayores densidades se produjeron en zonas agrícolas y residenciales próximas a las principales vías de comunicación: autovías y ferrocarril. Este patrón se repitió en la isla de Menorca, donde la mayor parte de los positivos se concentraron en Mahón y Ciudadela. En Ibiza, encontramos las mayores densidades en áreas agrícolas próximas a la carretera principal.

Figura 7. Densidad Kernel de *Xylella fastidiosa*



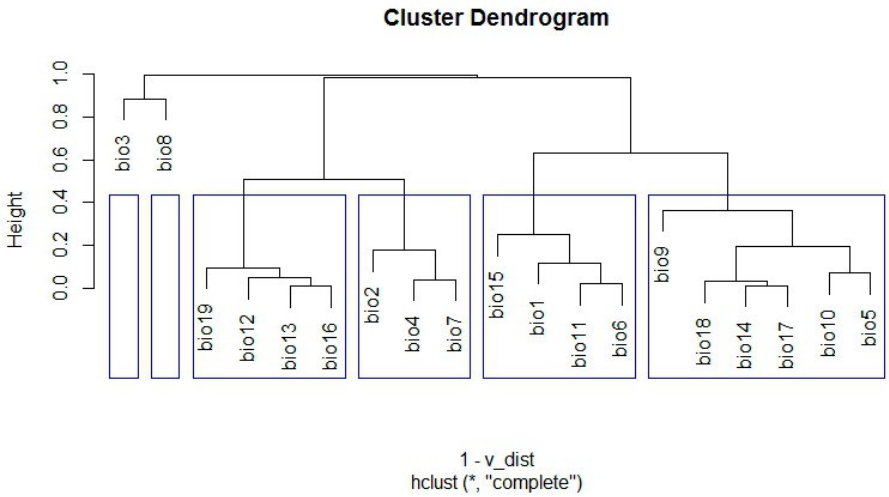
Elaboración propia.

Inferir una relación causal entre los patrones observados puede conducir a error, en tanto desconocemos la naturaleza de la estrategia de muestreo llevada a cabo por los técnicos de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Pesca del Gobierno de las Islas Baleares. Es posible que zonas agrícolas y residenciales más pobladas y accesibles comporten mayores movimientos de material biológico y una mayor dispersión de los vectores y colonización del patógeno sobre nuevo material vegetal. Pero no puede descartarse que los muestreos se hayan realizado, preferentemente, en esas zonas más accesibles.

3.2. Selección de los predictores del modelo

Detectamos una elevada multicolinealidad entre las variables bioclimáticas. El análisis clúster de correlaciones clasificó las variables en seis ramas (figura 8). Dos ramas estaban formadas por una variable cada una: Bio 3 (Isotermicidad) y Bio 8 (Temperatura media del trimestre más húmedo). El resto de ramas estuvieron formadas por varias variables muy correlacionadas. Entre estas, elegimos Bio 12 (Precipitación anual) en la rama de precipitaciones; Bio 2 (Amplitud media diurna) en la rama de amplitudes térmicas; Bio 6 (Temperatura mínima del mes más frío) y Bio5 (Temperatura máxima del mes más cálido) en ramas donde predominaron variables de temperatura, y en las que buscamos principalmente, valores extremos.

Figura 8. Dendrograma de variables bioclimáticas



Elaboración propia.

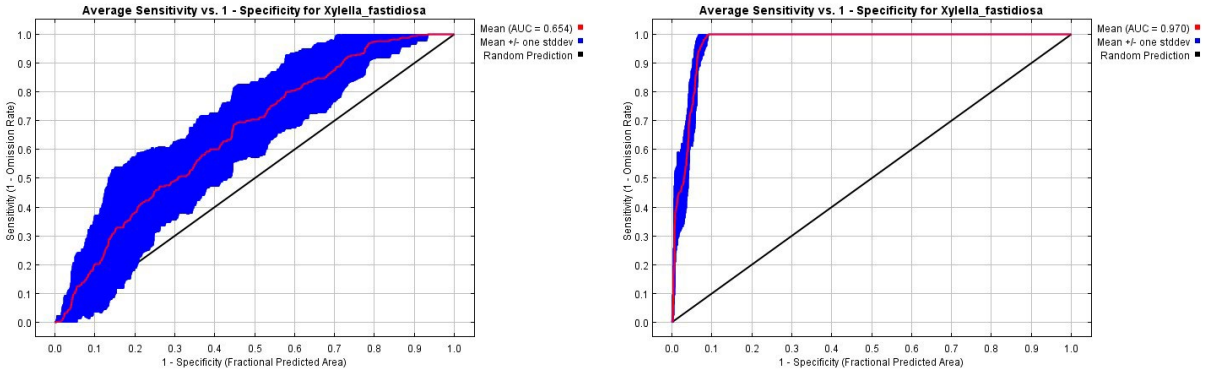
3.3. Aproximación al modelo de distribución potencial bioclimático del patógeno

El AUC promedio del modelo de consenso calibrado en Islas Baleares fue de 0,65 y el AUC del modelo de consenso calibrado en la península ibérica e Islas Baleares fue de 0,97. En la figura 9 se muestra la curva ROC de ambos modelos ensamblados con 25 réplicas con datos remuestreados aleatoriamente. De acuerdo con una intrerpretación general del AUC, el modelo calibrado con todos los datos en las Islas Baleares, mostró una capacidad discriminante que apenas rondó lo aceptable, umbral que se sitúa entorno a 0,7; por el contrario, el modelo calibrado con datos de presencia en Islas Baleares, pero con el Background y predictores del conjunto península ibérica e Islas Baleares, mostró valores propios de una capacidad discriminante excelente. Sin embargo, esto no es exactamente así.

Como describimos en el apartado de metodología, el AUC que hemos calculado para los datos empleados, sólo informa sobre la capacidad que tiene el modelo para discriminar una presencia de un dato aleatorio. Sigue siendo un parámetro útil, pero en su contexto.

Las oscilaciones que mostraron las diferentes réplicas del modelo calibrado sólo con datos de Islas Baleares y la consecuente inestabilidad del modelo, que además descubrió unos intervalos de confianza muy amplios y unos valores de AUC relativamente bajos, se debieron a que el área de calibración del modelo es muy reducida y, en conjunto, poco heterogénea en relación con las variables bioclimáticas empleadas. Todo se complica aún más cuando estamos considerando una especie invasora que acaba de irrumpir en el archipiélago de la cual no tenemos un inventario lo suficientemente exhaustivo.

Figura 9. Curva ROC basada en las 25 réplicas con datos remuestreados aleatoriamente de los modelos M1 (izquierda) y M2 (derecha)



Elaboración propia.

Por el contrario, el buen ajuste del modelo calibrado para el conjunto de la península ibérica e Islas Baleares se debió a que empleamos un área de estudio excesivamente grande de acuerdo con el rango bioclimático en el que se movieron los registros de presencia emergentes en un contexto de desequilibrio propio del proceso invasivo. Desde el punto de vista de la operativa de Maxent, esto supone una mayor presencia de datos de fondo o background que extraen información sobre áreas bioclimáticas muy diferentes de las encontradas en los registros de presencia en Islas Baleares, por lo que consecuentemente, el modelo tendió a discriminar mejor una presencia, en nuestro caso sólo disponible en un reducido espacio relativamente homogéneo desde el punto de vista bioclimático, de un dato aleatorio, disperso en un área de calibración muy grande que incluye sólo una reducida porción de áreas litorales con características bioclimáticas similares a las del archipiélago balear y una gran superficie peninsular con características bioclimáticas muy diferentes. Sin embargo, insistimos en el hecho de que estamos trabajando con una especie invasora de la cual no conocemos cuál sería el límite de su rango bioclimático considerando sólo los datos empleados. Cabe destacar que el modelo, aunque aparentemente muy ajustado, fue menos preciso calibrando la especificidad.

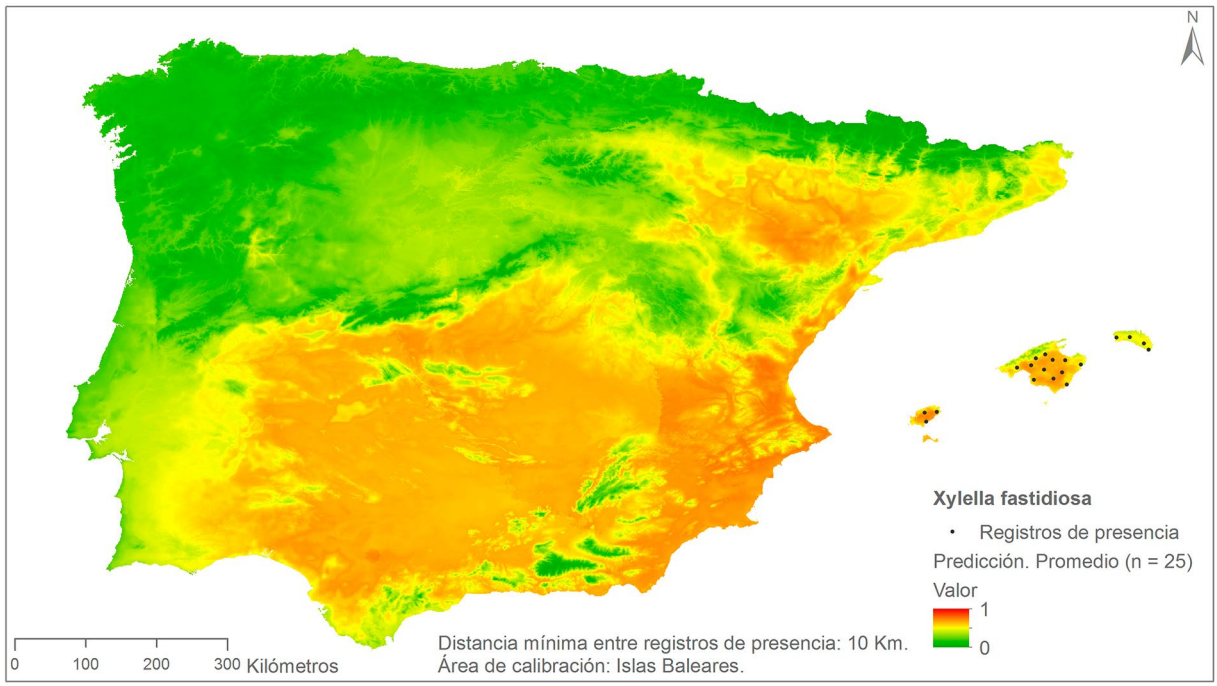
Estas diferencias en el grado de ajuste de los modelos en relación con los datos empleados, evidentemente tuvieron su correspondencia en una desigual distribución geográfica de las predicciones espaciales de nuestros modelos (figura 10). De este modo, el modelo calibrado sólo con datos de Islas Baleares proyectó un área de distribución potencial muy amplia para el conjunto de la península, pero con unos valores de idoneidad medios. Por el contrario, el modelo calibrado con datos de Islas Baleares y península ibérica, proyectó una distribución potencial ceñida a los espacios litorales con valores de idoneidad del patógeno muy elevados en estos espacios.

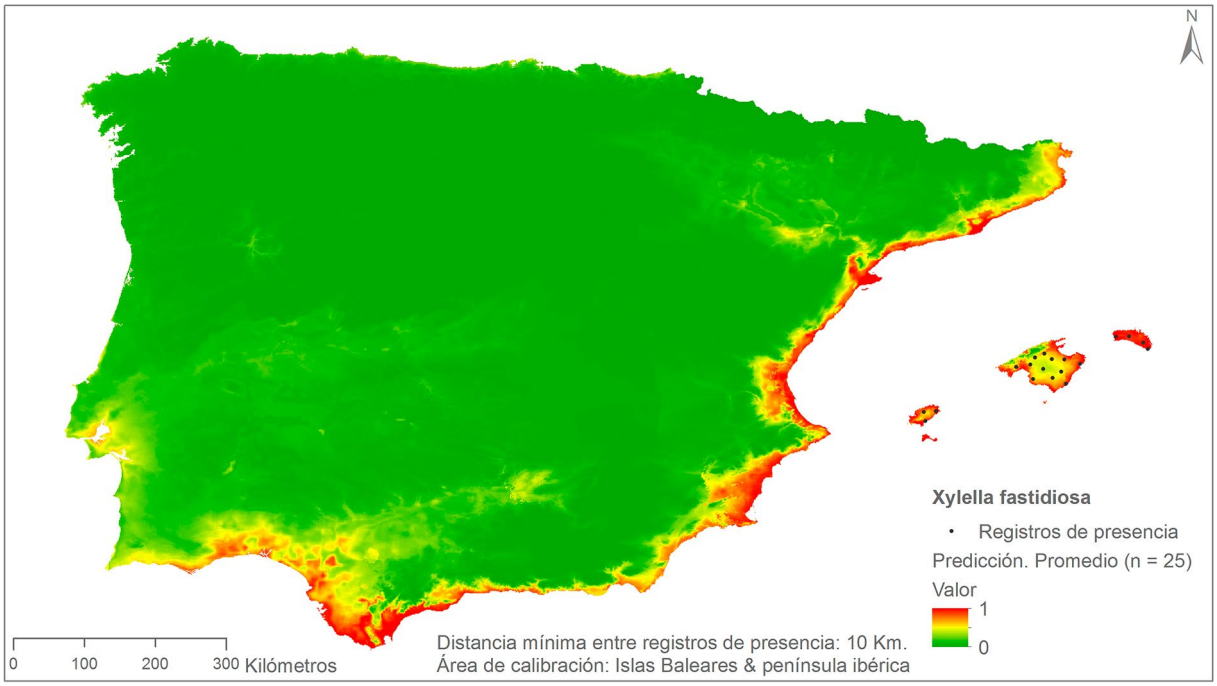
Como los modelos estuvieron basados en 25 réplicas de datos remuestreados aleatoriamente, pudimos calcular la desviación estándar de las predicciones espaciales (figura 11). Un modelo más inestable como el M1 proyectó espacialmente unas desviaciones mayores, todo lo contrario que el modelo M1, más ajustado desde el punto de vista de la calibración.

Así, encontramos notables diferencias entre ambos modelos y sus propias réplicas. Pero también semejanzas, es decir, un patrón. La principal semejanza: los valores de idoneidad más elevados se dieron en los espacios litorales.

En la búsqueda de un mapa más útil desde el punto de vista operativo, pero basado en datos empíricos, ensamblamos los modelos M1 y M2 de acuerdo a una Superposición difusa basada en una función creciente (figura 12). Este mapa constituye una solución de compromiso que indirectamente maximiza la sensibilidad del modelo. La idea es que, para la modelización del riesgo de invasión biológica, de acuerdo con el principio de precaución, resultan más significativos los valores máximos que describen el rango potencial de un organismo invasor que los valores medios.

Figura 10. Predicción espacial del modelo M1 (arriba) y M2 (abajo)



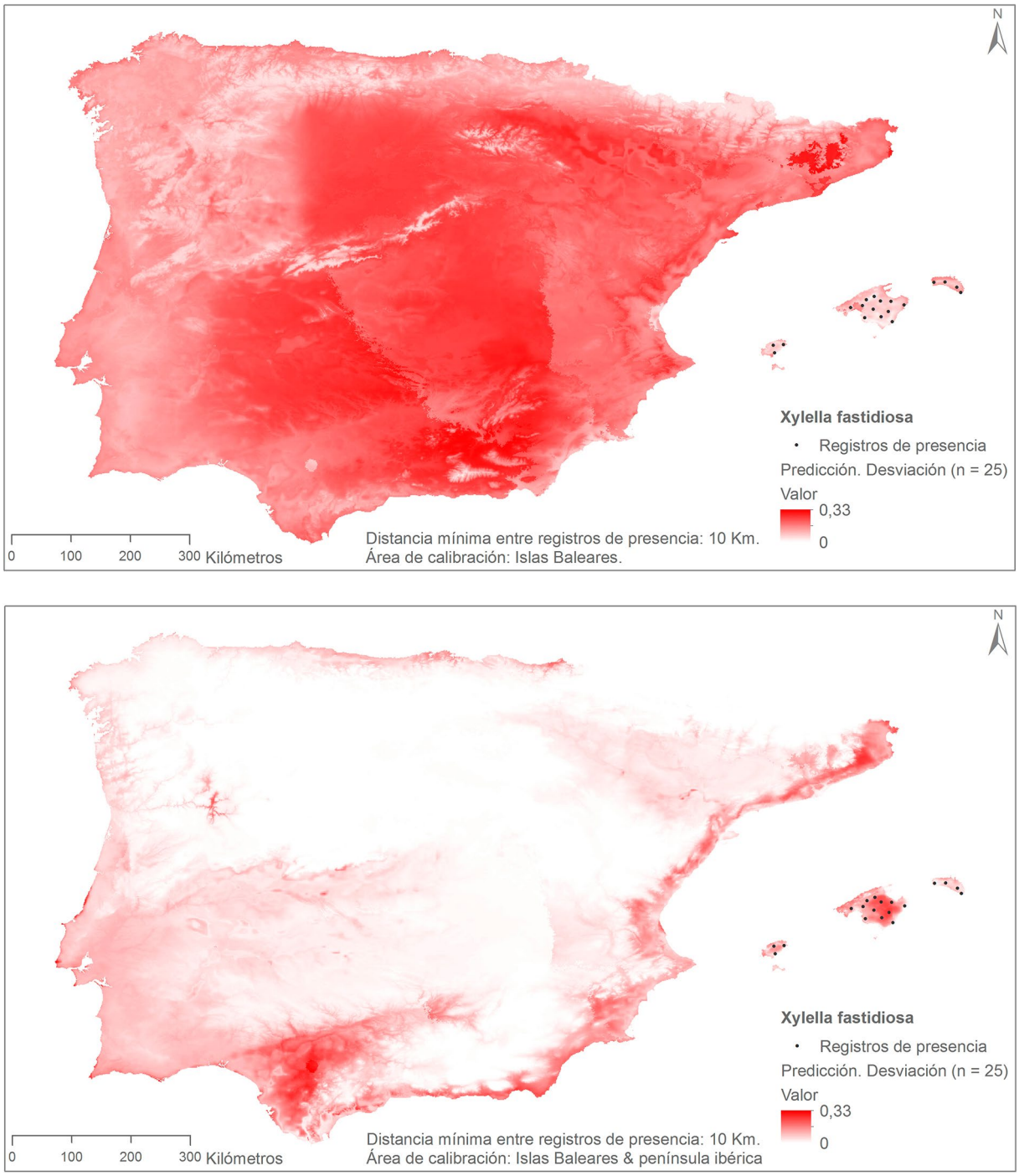


Elaboración propia.

De acuerdo con nuestro modelo de consenso (M3), las áreas litorales del sur de la península, desde Faro hasta Gerona, serían las más favorables para el establecimiento de *Xylella fastidiosa*. Esta alta favorabilidad bioclimática penetraría por el interior de los principales valles intramontañosos del litoral, alcanzando zonas muy alejadas de la costa en el interior de la Depresión del Guadalquivir y Bajo Ebro. Las variables explicativas o predictores más influyentes fueron los relacionados con las temperaturas, especialmente Bio 6 (Temperatura mínima del mes más frío). En menor medida, destaca la contribución de Bio 12 (Precipitación anual), aunque en este caso consideramos que no se trata de un factor limitante,

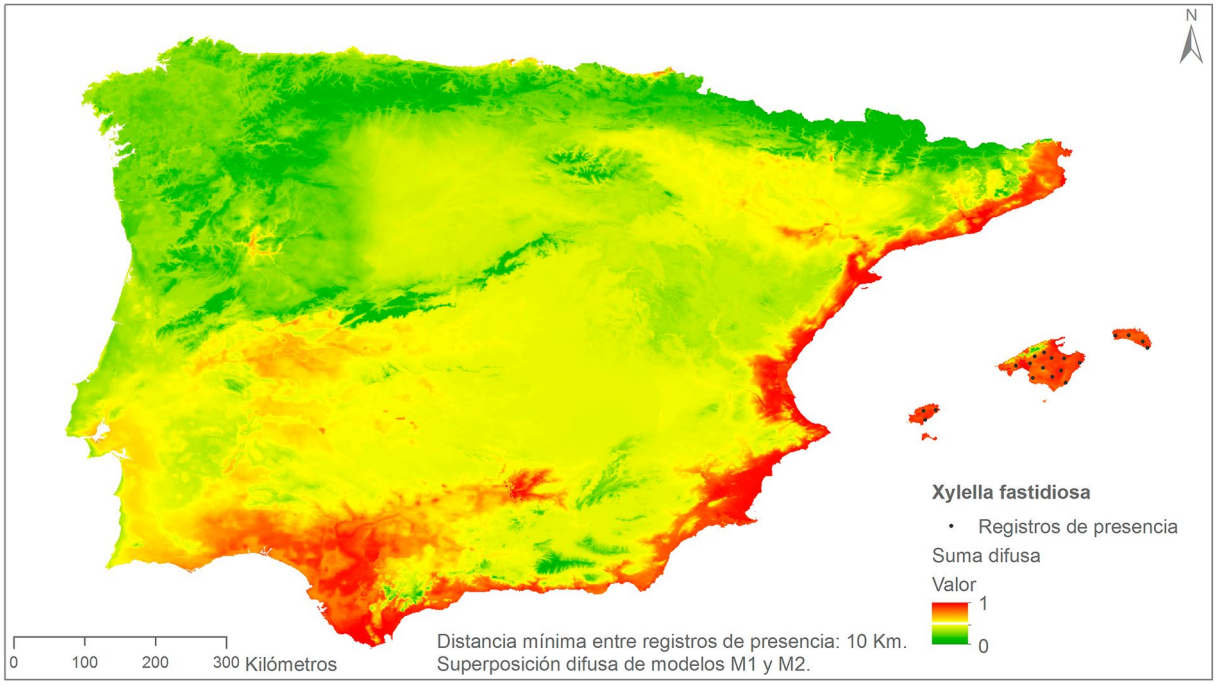
sino más bien una servidumbre del modelo con respecto a las limitaciones de los datos empleados. *Xylella fastidiosa* encontraría en amplias zonas del interior de la península áreas con favorabilidad intermedia. Esta favorabilidad estaría más o menos limitada por la tendencia futura de las temperaturas mínimas. En este sentido, el litoral cantábrico no está ni estaría exento de una posible incidencia de *X. fastidiosa*, valorando además que se encuentra dentro de la envolvente geométrica de la distribución mundial del patógeno, y se han detectado presencias en zonas más septentrionales y también pluviosas de Europa y Norteamérica.

Figura 11. Desviación estándar en M1 (Arriba) y M2 (Abajo)



Elaboración propia.

Figura 12. Superposición borrosa de M1 y M2 basada en la función Suma difusa



Elaboración propia.

4. Discusión

La modelización del nicho ecológico de las especies invasoras supone un auténtico desafío metodológico en tanto que estos organismos están fuera del equilibrio que se le presupone en el rango nativo de su distribución geográfica, y la dificultad es mayor cuando se pretende modelizar la distribución potencial y desarrollar modelos basados exclusivamente en datos procedentes de los estadios iniciales de una invasión biológica en un lugar determinado (Václavík y Meentemeyer, 2012).

No cabe duda de que los mapas de densidad son útiles y facilitan una primera aproximación para abordar la incidencia del fenómeno a escala local. Además, estos mapas pueden nutrir las primeras hipótesis acerca de las causas de los patrones de distribución observados, con todas precauciones posibles cuando se desconoce el diseño de muestreo. Sin embargo, el análisis de la densidad de un fenómeno local no es suficiente para generalizar los resultados más allá del rango local e intentar predecir hasta dónde puede llegar un organismo, para lo cual un modelo estadístico de nicho ecológico resulta, en principio, más apropiado (Gallien, Münkemüller, Albert, Boulangeat y Thuiller, 2010).

En efecto, la inferencia estadística aporta una base para generalizar y proyectar los resultados más allá del área en la que calibramos los modelos (Peterson *et al.*, 2011). En nuestro caso nos basamos en un conjunto de datos acerca de la presencia de un organismo invasor recientemente localizado en un área muy reducida con el objetivo de proyectar su distribución potencial en el conjunto de la península ibérica. Muchos trabajos operan en esta dirección, pero conviene establecer claramente los conceptos y las limitaciones de unos modelos que a menudo distan mucho de ser infalibles (Jiménez-Valverde, Lobo y Hortal, 2008).

En un artículo recientemente publicado (Bosso, Russo, Di Febbraro, Cristinzio y Zoina, 2016), los autores calibraron un modelo de máxima entropía con registros de presencia localizados en la región italiana de Apulia y predicciones proyectadas hacia el conjunto de Italia, y obtuvieron un AUC del 0.971. En otro artículo, los mismos autores hicieron lo propio proyectando las predicciones para el conjunto de la Cuenca Mediterránea (Bosso, Di Febbraro, Cristinzio, Zoina y Russo, 2016). En parte, estamos ante un caso similar al que describimos para nuestros modelos. Sin embargo, diferimos en el modo en el que interpretamos los datos y formulamos las conclusiones. Por otra parte, nosotros trabajamos con una triple aproximación para evidenciar la naturaleza de las diferencias de acuerdo con los datos empleados. En su

artículo, estos autores hablan de una "excelente capacidad predictiva de los modelos" y una "fuerte validación estadística de los modelos". El AUC o el TSS son métricas que se emplean para medir la capacidad discriminante de los modelos. Cuando se evalúa la capacidad discriminante de un modelo, no se trata de buscar el valor más elevado, porque es relativamente sencillo encontrarlo, basta con ampliar el área de estudio; sino de justificar cómo se ha hecho y para qué se ha obtenido. Por otra parte, las métricas discriminantes quizás no sean las más adecuadas para trabajar con registros incompletos de especies invasoras en el nuevo rango de invasión cuando estas se encuentran en los estadios iniciales. Esta fue una de las razones por las que trabajamos con diferentes áreas de calibración de los modelos. No hay que olvidar que Maxent es un algoritmo que no sólo opera con registros de presencia, sino además con datos de fondo (background) en todo el área de calibración, por lo que es sensible al tamaño y configuración del área de estudio (Elith *et al.*, 2011). Como también son obsecuentes con respecto a la misma, las métricas discriminantes. Finalmente, no podemos ponderar de la misma manera sensibilidad y especificidad cuando tratamos de discriminar el nicho ecológico fundamental de un organismo invasor en sus estadios iniciales, porque desconocemos hasta qué punto las presencias están ofreciendo una señal más o menos incompleta del rango ecológico potencial, y tenemos más incertidumbre si cabe sobre las ausencias.

A menudo se emplea el término validación con un uso que no es el estrictamente correcto, porque es imposible validar integralmente el modelo numérico de un sistema natural (Oreskes, Shrader-Frechette y Belitz, 1994). Los modelos son siempre aproximaciones y su valor es eminentemente heurístico. Siguiendo a Oreskes (2010), abogamos por el uso de la expresión "evaluación de modelos", porque, a diferencia de la lógica del lenguaje implícita en el concepto de validación, que cierra el debate en torno a la incertidumbre, la discusión científica debe estar abierta hacia el campo de la medición y predicción sistemática del error.

En el campo de la modelización de nichos ecológicos, conviene que el extent o área de calibración de los modelos esté plenamente justificada (Barve *et a*l., 2011). Como hemos puesto de manifiesto, se producen importantes diferencias cuando calibramos los modelos con diferente tamaño y configuración del área de calibración. Estas diferencias afectan decisivamente tanto al modo en que debemos interpretar la evaluación de los modelos —en este caso, con métricas discriminantes— como a la propia proyección espacial de los mismos.

Otro aspecto que hemos abordado en nuestro trabajo, es la diferente proyección de la distribución potencial cuando los datos han sido calibrados en diferentes conjuntos de calibración. Cuando calibramos los modelos en un lugar y proyectamos en otro, como hicimos en el modelo M1, debemos considerar hasta qué punto podemos confiar en la extrapolación y el ajuste de las curvas de respuesta. En nuestro caso, como se expone en el apartado de metodología, desactivamos las opciones "Extrapolate" y "Clamping" porque no tenemos evidencias lo suficientemente consistentes como para confiar en la extrapolación y el ajuste de las curvas de respuesta. En este sentido, consideramos necesario que se informe sobre la configuración de los parámetros de los algoritmos para evitar las cajas negras (Morales, Fernández y Baca-González, 2017). Los parámetros "default" de Maxent tienen a producir un modelo muy complejo y sobreajustado (Merow, Smith y Silander, 2013), un aspecto que no tanto interesa cuando tratamos de conocer el rango potencial de un organismo invasor donde debemos ponderar más la sensibilidad que la especificidad (Anderson, 2003). Hemos trabajado con el algoritmo más popular en el campo de la modelización de nichos ecológicos, Maxent, un algortimo que resulta especialmente útil cuando se tiene pocos registros de presencia, una cualidad que no debería hacernos renunciar a una correción del sesgo de muestreo (Fourcade, Engler, Rödder y Secondi, 2014). Por otra parte, existen diferentes algoritmos que funcionan con distintos datos de entrada y cuyas predicciones debemos considerar valorando las posibilidades de un modelo de consenso (Zhu y Peterson, 2017). Conscientes de las limitaciones de nuestros modelos, desarrollamos un ensamblaje ponderando mediante una función de Suma difusa en el marco de las operaciones de superposición borrosa.

Algunos autores recomiendan trabajar con el más amplio conjunto de datos disponible sobre la especie invasora, tanto en el rango nativo de su distribución como en el área dónde aparece como organismo invasor (Jiménez-Valverde *et al.*, 2011). El problema es que no siempre están disponibles esos datos y en muchos casos las administraciones públicas no facilitan el acceso a los mismos, lo que difulta el desarrollo de trabajo cuando éste resulta más necesario, esto es, antes de que una potencial especie invasora haya producido un daño irreparable.

5. Conclusiones

Xylella fastidiosa se encuentra ampliamente distribuida en las Islas Baleares. Nuestros mapas de densidad proyectaron varios focos de concentración del patógeno. A través de los modelos de distribución proyectados hacia la península ibérica, detectamos un gran potencial bioclimático en la misma para el establecimiento de *Xylella fastidiosa*, especialmente en las áreas litorales, desde la costa de Faro hasta la de Gerona, penetrando en amplias zonas del interior en la Depresión del Guadalquivir, Bajo Ebro y Extremadura, y ya con valores intermedios en zonas interiores más continentalizadas. En general, encontramos zonas más favorables para el patógeno allí donde las temperaturas mínimas fueron más suaves, hecho que pone de manifiesto que un posible aumento de la temperatura redundaría en una mayor distribución potencial del patógeno en la península ibérica.

Los resultados obtenidos son Maxent difieren según el área de calibración y proyección de los modelos, pero son complementarios. El modelo de consenso basado en conjuntos de pertinencia borrosa parece una solución de compromiso equilibrada. La dispersión del patógeno avanza en esta dirección. *Xylella fastidiosa* ya se encuentra ampliamente distribuido en las Islas Baleares y su reciente aparición en las comarcas alicantinas de la Marina Baja y Montaña de Alicante vendría a confirmar el patrón observado hasta el momento. El patógeno requiere unas condiciones bioclimáticas para prosperar, más allá de los factores que intervienen en los procesos de dispersión.

La dispersión del patógeno en la península ibérica tendría un impacto muy negativo sobre el conjunto de componentes de los agrosistemas. Buena parte de la superficie agrícola en el interior de la península está dominada por unos cuántos monocultivos, entre los que se encuentran especies hospedantes y muy vulnerables a *Xylella fastidiosa*, como el olivo, la vid o el almendro. Recientemente, *Xylella fastidiosa* ha sido detectado en cerezos, también en Mallorca (Olmo *et al.*, 2017) Los procesos de decaimiento observados en los agrosistemas de otras regiones se han producido en cortos periodo de tiempo, y de producirse de la misma manera en la península ibérica, se potenciaría el impacto del patógeno sobre la economía y la población de los espacios rurales. Pero el impacto puede ir más allá de los agrosistemas, pues *Xylella fastidiosa* se ha detectado en especies del género *Quercus*, como la encina y el alcornoque, que constituyen el pilar básico de la dehesa y el monte mediterráneo.

No cabe duda de que un buen seguimiento de la dispersión de *Xylella fastidiosa* y una completa monitorización del estado fitosanitario serán factores claves en la gestión de la problemática. Llamamos la atención acerca de la utilidad que tiene la difusión de los datos sobre la localización de los casos positivos (y negativos) de *Xylella fastidiosa*. La propia Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) difunde una base de datos donde se integran parte de los registros de presencia. En Italia, el gobierno regional de Apulia ha desarrollado un activo observatorio fitosanitario sobre *Xilella fastidiosa* donde se comparte todo tipo de información sobre la bacteria fitopatógena y su impacto en los cultivos de la región, incluidos datos georreferenciados. La Consejería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural de la Generalitat Valenciana, través del Diario Oficial, está publicando datos georreferenciados sobre la aparición de nuevos brotes de *Xylella fastidiosa*. Todo ello evidencia la utilidad de la información espacial y sitúa a la geografía (y la Geografía, como disciplina) en el centro de la escena entorno a la problemática de los procesos de contagio espacial en el contexto de la gestión de los riesgos biológicos. Los modelos predictivos pueden resultar de gran utilidad en labores de gestión y planificación de las estrategias de control y prevención de los organismos invasores.

Trabajos futuros deberían estar enfocados hacia una mejora del esfuerzo de muestreo y en la comparativa de los resultados obtenidos en diferentes áreas de estudio relativamente próximas a escala regional (clima zonal), para conseguir una mayor precisión, exactitud y consistencia de los modelos. Conjuntamente, la generalización de los resultados sería más coherente si se trabajara a escala global calibrando los modelos con el conjunto de datos más amplio posible. Calibrado un buen modelo de distribución potencial del patógeno, sería el momento de implementar nuevas variables relacionadas con los motores (o drivers) que participan en la diáspora de los organismos invasores con el objeto de producir modelos con una mayor capacidad para explicar tanto el nicho ecológico fundamental de un organismo invasor como los drivers que promueven su dispersión. En este sentido, también sería necesario conocer el nicho ecológico fundamental y los patrones de dispersión de los organismos vectores que dispersan *Xylella fastidiosa*, en tanto que estos podrían facilitar una rápida propagación del patógeno en la península ibérica (Lopes, Landa y Fereres, 2014).

Agradecimientos

Agradecemos a la Sección de Sanidad Vegetal. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Pesca del Gobierno de las Islas Baleares, por facilitar los datos sobre distribución del patógeno.

Referencias

Almeida, R. P. P. (2013). *Xylella fastidiosa. Manual of Security Sensitive Microbes and Toxins*, 841-850.

Almeida, R. P. P., & Purcell, A. H. (2003). Biological Traits of Xylella fastidiosa Strains from Grapes and Almonds. *Applied and Environmental Microbiology*, *69*(12), 7447-7452. https://doi.org/10.1128/AEM.69.12.7447-7452.2003

Anderson, R. P. (2003). Real vs. artefactual absences in species distributions: tests for Oryzomys albigularis (Rodentia: Muridae) in Venezuela. *Journal of Biogeography*, *30*(4), 591-605. https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00867.x

Araújo, W. L., Marcon, J., Maccheroni, W., Van Elsas, J. D., Van Vuurde, J. W. L., & Azevedo, J. L. (2002). Diversity of endophytic bacterial populations and their interaction with Xylella fastidiosa in citrus plants. *Applied and Environmental Microbiology*, *68*(10), 4906-4914. https://doi.org/10.1128/AEM.68.10.4906-4914.2002

Arribas, I., Pérez, F., & Tortosa-Ausina, E. (2009). Measuring Globalization of International Trade: Theory and Evidence. *World Development*, *37*(1), 127-145. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.03.009

Banks, N. C., Paini, D. R., Bayliss, K. L., & Hodda, M. (2015). The role of global trade and transport network topology in the human-mediated dispersal of alien species. *Ecology Letters*. https://doi.org/10.1111/ele.12397

Barve, N., Barve, V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Peterson, A. T., … Villalobos, F. (2011). The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling*, *222*(11), 1810-1819. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.02.011

Boria, R. A., Olson, L. E., Goodman, S. M., & Anderson, R. P. (2014). Spatial filtering to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models. *Ecological Modelling*, *275*, 73-77. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.12.012

Bosso, L., Di Febbraro, M., Cristinzio, G., Zoina, A., & Russo, D. (2016). Shedding light on the effects of climate change on the potential distribution of Xylella fastidiosa in the Mediterranean basin. *Biological Invasions*, *18*(6), 1759-1768. https://doi.org/10.1007/s10530-016-1118-1

Bosso, L., Russo, D., Di Febbraro, M., Cristinzio, G., & Zoina, A. (2016). Potential distribution of Xylella fastidiosa in Italy: a maximum entropy model. *Phytopathologia Mediterranea*, *55*(1), 62-72. http://dx.doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-16429

Capinha, C., Essl, F., Seebens, H., Moser, D., & Pereira, H. M. (2015). The dispersal of alien species redefines biogeography in the Anthropocene. *Science*, *348*(6240), 1248-1251. https://doi.org/10.1126/science.aaa8913

Carlucci, A., Lops, F., Marchi, G., Mugnai, L., & Surico, G. (2013). Has Xylella fastidiosa "chosen" olive trees to establish in the mediterranean basin? *Phytopathologia Mediterranea*, *52*(3), 541-544. http://dx.doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-13623

Casties, I., Seebens, H., & Briski, E. (2016). Importance of geographic origin for invasion success: A case study of the North and Baltic Seas versus the Great Lakes?St. Lawrence River region. *Ecology and Evolution*, *6*(22), 8318-8329. https://doi.org/10.1002/ece3.2528

Colautti, R. I., & MacIsaac, H. I. (2004). A neutral terminology to define "invasive" species. *Diversity and Distributions*, *10*(2), 135-141. https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00061.x

European Food Safety Authority (EFSA) (2016). Update of a database of host plants of Xylella fastidiosa: 20 November 2015. *EFSA Journal*, *14*(2). https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4378

Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, *17*, 43-57. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x

Fick, S., & Hijmans, R. (2017). Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, *37*(12), 4302-4315. https://doi.org/10.1002/joc.5086

Fielding, A. H., & Bell, J. F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, *24*(1), 38-49. https://doi.org/10.1017/S0376892997000088

Fourcade, Y., Engler, J. O., Rödder, D., & Secondi, J. (2014). Mapping species distributions with MAXENT using a geographically biased sample of presence data: a performance assessment of methods for correcting sampling bias. *PloS One*, *9*(5). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097122

Gallien, L., Münkemüller, T., Albert, C. H., Boulangeat, I., & Thuiller, W. (2010). Predicting potential distributions of invasive species: where to go from here? *Diversity and Distributions*, *16*(3), 331-342. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00652.x

Hopkins, D. L. (1989). Xylella Fastidiosa: Xylem-Limited Bacterial Pathogen of Plants. *Annual Review of Phytopathology*, *27*, 271-290. https://doi.org/10.1146/annurev.py.27.090189.001415

Instituto Geográfico Nacional (IGN). (2017). Información Geográfica de Referencia. Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica, Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento. Gobierno de España. Disponible en: http://centrodedescargas.cnig.es/

Janse, J. D., & Obradovic, A. (2010). Xylella fastidiosa: Its biology, diagnosis, control and risks. *Journal of Plant Pathology*. https://doi.org/10.4454/JPP.V92I1SUP.2504

Jiménez-Valverde, A., Lobo, J. M., & Hortal, J. (2008). Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modelling. *Diversity and Distributions*, *14*(6), 885-890. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00496.x

Jiménez-Valverde, A., Peterson, A. T., Soberón, J., Overton, J. M., Aragón, P., & Lobo, J. M. (2011). Use of niche models in invasive species risk assessments. *Biological Invasions*, *13*(12), 2785-2797. https://doi.org/10.1007/s10530-011-9963-4

Larson, B. M. H., Kueffer, C., Brock, A., Edwards, P., Gross, M., Hall, M., … Wynne, B. (2013). Managing invasive species amidst high uncertainty and novelty. *Trends in Ecology and Evolution*, *28*(5), 255-256. https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.01.013

Lobo, J. M., Jiménez-Valverde, A., & Hortal, J. (2010). The uncertain nature of absences and their importance in species distribution modelling. *Ecography*, *33*(1), 103-114. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06039.x

Loconsole, G., Potere, O., Boscia, D., Altamura, G., Djelouah, K., Elbeaino, T., … Saponari, M. (2014). Detection of Xylella fastidiosa in olive trees by molecular and serological methods. *Journal of Plant Pathology*. https://doi.org/10.4454/JPP.V96I1.041

Lopes, J. R. S., Landa, B. B., y Fereres, A. (2014). A survey of potential insect vectors of the plant pathogenic bacterium *Xylella fastidiosa* in three regions of Spain. Spanish Journal of Agricultural Research, 12(3), 795-800. https://doi.org/10.5424/sjar/2014123-5613

Mang, S. M., Frisullo, S., Elshafie, H. S., & Camele, I. (2016). Diversity evaluation of Xylella fastidiosa from infected olive trees in Apulia (Southern Italy). *Plant Pathology Journal*, *32*(2), 102-111. https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.08.2015.0153

Merow, C., Smith, M. J., & Silander, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, *36*(10), 1058-1069. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x

Montz, B. E., & Tobin, G. A. (2011). Natural hazards: An evolving tradition in applied geography. *Applied Geography*, *31*(1), 1-4. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.06.005

Morales, N. S., Fernández, I. C., & Baca-González, V. (2017). MaxEnt's parameter configuration and small samples: are we paying attention to recommendations? A systematic review. *PeerJ*, *5*, e3093. https://doi.org/10.7717/peerj.3093

Nunney, L., Ortiz, B., Russell, S. A., Sánchez, R. R., & Stouthamer, R. (2014). The complex biogeography of the plant pathogen xylella fastidiosa: Genetic evidence of introductions and subspecific introgression in central America. *PLoS ONE*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112463

Olmo, D., Nieto, A., Adrover, F., Urbano, A., Beidas, O., Juan, A., Landa, B. B. (2017). First Detection of *Xylella fastidiosa* Infecting Cherry (*Prunus avium*) and Polygala myrtzfolia Plants, in Mallorca Island, Spain. Plan Disease, 101(10), 1820. https://doi.org/10.1094/PDIS-04-17-0590-PDN

Oreskes, N., Shrader-Frechette, K., & Belitz, K. (1994). Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences. *Science*, *263*(5147), 641-646. https://doi.org/10.1126/science.263.5147.641

Oreskes, N. (2010). Evaluation (Not Validation) Models Quantitative. Environmental Health, 106, 1453-1460.

Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., & Bastos Araujo, M. (2011). *Ecological niches and geographic distributions* (Vol. 49). Princeton, NJ: Princeton University Press.

Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. (2016). Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*. https://doi.org/10.1111/ecog.02537

Phillips, S. J., & Dudi, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent : new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, *31*, 161-175. https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x

Pimentel, D., Zuniga, R., & Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.002

Purcell, A. H. (1997). Xylella fastidiosa, a regional problem or global threat? *Journal of Plant Pathology*, *79*(2), 99-105.

Redak, R. A., Purcell, A. H., Lopes, J. R. S., Blua, M. J., Mizell III, R. F., & Andersen, P. C. (2004). The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of Xylella fastidiosa and their relation to disease epidemiology. *Annual Review of Entomology*, *49*(1), 243-270. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.061802.123403

Sección de Sanidad Vegetal (2017). *Xylella fastidiosa*. Mallorca: Sección de Sanidad Vegetal, Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Pesca. Gobierno de las Islas Baleares, Disponible en: http://www.caib.es/sites/sanitatvegetal

Seebens, H., Blackburn, T. M., Dyer, E. E., Genovesi, P., Hulme, P. E., Jeschke, J. M., Essl, F. (2017a). No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*, *8*, 14435. https://doi.org/10.1038/ncomms14435

Seebens, H., Essl, F., y Blasius, B. (2017b). The intermediate distance hypothesis of biological invasions. Ecology Letters, 20(2), 158-165. https://doi.org/10.1111/ele.12715

Václavík, T., & Meentemeyer, R. K. (2012). Equilibrium or not? Modelling potential distribution of invasive species in different stages of invasion. *Diversity and Distributions*, *18*(1), 73-83. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00854.x

van Kleunen, M., Dawson, W., Essl, F., Pergl, J., Winter, M., Weber, E., … Pyšek, P. (2015). Global exchange and accumulation of non-native plants. *Nature*, *525*(7567), 100-103. https://doi.org/10.1038/nature14910

Vila, M., Espinar, J. L., Hejda, M., Hulme, P. E., Jarosik, V., Maron, J. L., … Pysek, P. (2011). Ecological impacts of invasive alien plants: A meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters*, *14*(7), 702-708. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01628.x

Waters, C. N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A. D., Poirier, C., Ga uszka, A., … Wolfe, A. P. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, *351*(6269), 137-148. https://doi.org/10.1126/science.aad2622

Wells, J. M., Raju, B. C., Hung, H.-Y., Weisburg, W. G., Mandelco-Paul, L., & Brenner, D. J. (1987). *Xylella fastidiosa* gen. nov.: gram-negative, xylem-limited, fastidious plant bacteria related to *Xanthomonas* spp. *International Journal of Systematic Bacteriology*, *37*(2), 136-143. https://doi.org/10.1099/00207713-37-2-136

Zhu, G. P., & Peterson, A. T. (2017). Do consensus models outperform individual models? Transferability evaluations of diverse modeling approaches for an invasive moth. *Biological Invasions*, *19*(9), 2519-2532. https://doi.org/10.1007/s10530-017-1460-y

Nº 69, january-june of 2018, pp. 73-89.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO2018.69.05

Investigaciones Geográficas
Interuniversity Institute of Geography
University of Alicante

To cite this article: Bertoncin, M., Pase, A., Quatrida, D. & Scroccaro, A. (2018). How the replica of the Italy's Northeast Industrial District model failed in Timisoara (Romania). *Investigaciones Geográficas,* (69), 73-89. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.05

How the replica of the Italy's Northeast Industrial District model failed in Timisoara (Romania)

Cómo la réplica del modelo del distrito industrial del noreste italiano ha fallado en Timisoara (Romania)

Marina Bertoncin[1]
Andrea Pase[2]
Daria Quatrida[3]
Alessandra Scroccaro[4]

Abstract

Italy's industrial districts of the Northeast are often cited as beings models of success due to their economic organisation, thus they have almost become an archetypal myth. One of the reasons for the Northeastern firms' success is proximity (both geographical and relational), particularly with regard to the creation and development of the districts and their innovative and competitive capacity on a global scale. Our research compares the structures of proximity in Montebelluna, an industrial district in Northeast Italy, with Timisoara (in Romania), which has been one of the more favoured areas of delocalisation for Veneto firms. This comparison made it possible to focus on the non-economic categories (such as trust, face-to-face relations, cooperative attitudes, local context…) that have contributed to a large part of their success, although, in reality, they are often overvalued. Above all, the analysis reveals how these Italian industrial districts have concealed an unequal distribution of power, not only inside the firms and between the firms, but also between the firms and their delocalised territories. Today the "Northeast" model is questioned and debated; however a rethinking of regional dynamics is only possible if these hidden dimensions of district development are taken into consideration.

Keywords: industrial district; delocalisation; economic crisis; proximity; power relations; Veneto region; Timisoara.

Resumen

Los distritos industriales del noreste italiano son considerados frecuentemente como modelos de éxito por su organización económica y por eso se han vuelto casi un mito arquetípico. Una de las razones de este éxito es la proximidad (sea geográfica que relacional), particularmente en lo que respecta a la creación y desarrollo de los distritos y a sus capacidades de innovación y competitividad global. Esta investigación compara Montebelluna, un distrito en el noreste italiano, con Timisoara (Romania) que ha sido una de las áreas de deslocalización preferidas de las firmas vénetas. Esta comparación ha permitido centrar la atención en las categorías no económicas (como la confianza, las relaciones cara a cara, las actitudes cooperativas y el contexto local...) que han contribuido a su éxito, pero que en realidad son a

1 Geography Division, DISSGeA Department, University of Padua, Italy. marina.bertoncin@unipd.it
2 Geography Division, DISSGeA Department, University of Padua, Italy. andrea.pase@unipd.it
3 Geography Division, DISSGeA Department, University of Padua, Italy. daria.quatrida@unipd.it
4 Active Learning Lab, Ca' Foscari University of Venice, Italy. alessandra.scroccaro@unive.it

Received: 02/01/2018. **Accepted:** 04/20/2018. **Published:** 06/13/2018.

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

menudo sobrevalorados. Sobre todo, este análisis revela como estos distritos han ocultado una distribución inicua del poder, no solo al interno de las firmas y entre ellas, sino también entre las firmas y sus territorios deslocalizados. Hoy el modelo "noreste" es cuestionado y discutido; sin embargo, un replanteamiento de las dinámicas regionales solo es posible si se toman en consideración estas dimensiones ocultas de desarrollo de distrito.

Palabras clave: distrito industrial; deslocalización; crisis económica; proximidad; relaciones de poder; región del Veneto; Timisoara.

1. Introduction

According to the literature, the success of the industrial district (ID) model relies mainly on the virtuous dynamics of proximity that facilitated innovation processes: trust and reciprocity based on familiarity, face-to-face relations, cooperative attitudes, embedded routines, habits and norms, local conventions of communication and interaction, and institutional thickness (Amin and Thrift, 1992; Aydalot, 1986; Bagnasco, 1977; Becattini, 1987, 2007; Camagni, 1991; Cooke, 1988; Morgan, 1997; Scott and Storper, 1988; Sforzi, 2002; Storper, 1997). The present paper contends that some of these non-economic categories have not been so crucial. Through an exploratory research precisely focused on the analysis of proximity configurations, this paper demonstrates that —in the cases examined— the virtuosity is more mythical than real. Qualitative field research was conducted in the northeastern districts of Veneto, an area where the IDs model attained one of its major successes. It was a socio-productive-spatial model of such accomplishment that it became a "myth". The second case study is in Romania where many Veneto district firms have delocalised since the 1990s.

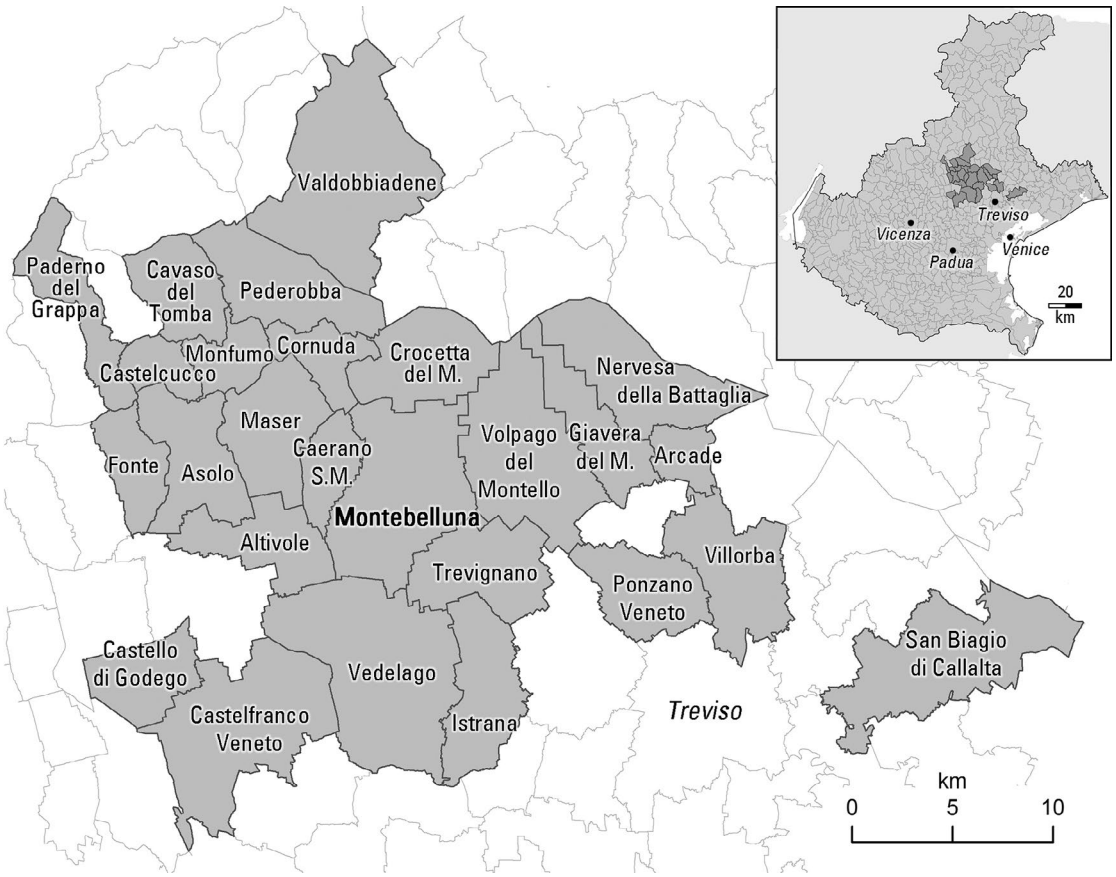
For what concerns Italy's IDs, Becattini strongly emphasises the fundamental role of the endogenous and socio-cultural factors which bring this aspect of his theory well "beyond the Marshallian externalities agglomeration theory" (Celata and Rossi, 2009, p. 390; Becattini, 1989; Capello, 2004; Agnoletti, Iommi and Lattarulo, 2015). Because of it being locally-rooted and "socially-cohesive" and marked by "diffuse intelligence" (Rullani, 2006, p. 18; Becattini, 2009), the Northeast district model was for a long time regarded as a third way between industrial giants on the one side and one-person enterprises on the other (Conti and Julien, 1991; Conti, 1997). It strongly contributes to the consolidation of the "geographic imaginary and mythology associated with the rise of the Third Italy as a socio-spatial paradigm in post-Fordism capitalism" (Celata and Rossi, 2009, p. 390).

Major attention was placed on some of the non-economic categories conventionally used to explain the success of the industrial district model. Through our fieldwork, an attempt was made to verify and provide empirical evidence to the critics. The research has a dual focus. On the one hand, the concept of proximity is used to analyse the socio-spatial-productive nature of the district model. Proximity is an inevitable key for interpreting the district model. Moreover, the dynamics of proximity is reflected in the power relationships between actors and between actors and territories (Oinas, 1999; Rallet and Torre, 2000; Boschma, 2005; Torre and Rallet, 2005). On the other, the proximity of the original industrial district firm is compared with the one that was delocalised. The goal was to understand the specific nature —the depth and strength— of the building blocks of the districts: the non-economic factors. In this regard, the analysis presented here is innovative for two reasons.

First of all, it does not consider *only* the places where the district model originated or *only* the places where the model delocalised. The paper focuses on the evolution of the proximities that had been built in the two places and between the two places, and on the observations that such comparisons stimulate concerning the non-economic factors. The new situations can be used as instruments for the dismantling of the "myth" of the Italian Northeast productive model (Stella, 2000, p. 26), in addition to an analysis of the failure of those very non-economic factors that should have been a solid guarantee of this model. Hadjimichalis's (2006a; 2006b) criticism of the key role of non-economic factors —cultural, social, institutional, territorial— in the development and success of the industrial district model provides the starting point for this analysis. What Hadjimichalis clearly criticises is the role of "autonomous forces in shaping development" (2006a, p. 693) of the non-economic factors cited. He refuses "to accept its prioritization" (2006a, p. 699) with respect to other factors such as, for example, economic ones. Hadjimichalis (2006a, 2006b) refers to the IDs in general and focuses on the Third Italy and the Veneto districts in his studies. He stresses the importance of empirical research in order to avoid the risk of "poetic romantic views" (2006a, p. 696) when speaking about the

success of the IDs models. Following this same line of thought and through our fieldwork confirms the fact that the "myth" of the industrial district is based on a "strong" representation that conceals complex spatial relations. Over time, the Northeast's echoes and fame shaped the northeastern people's attitudes and behaviour. As researchers in Veneto, we have also been "victims" of this trap. For this reason, the fieldwork done outside of the Northeast was determinant in order to subvert our awareness about the "expected way" to observe the industrial district spirit displayed in the delocalised spaces. It was predictable to find those fundamental non-economic factors within the socioeconomic model naturally reproduced abroad, and, of course, well rooted internally. But, deep doubts surfaced during the analysis of the new proximities that evolved in the delocalisation process. Reciprocal trust between entrepreneurs was non-existent; there was no exchange of knowledge; and they did not believe that interpersonal relations could create mutual or personal benefits. In other words, all the aspects that characterised the success of the northeastern districts were absent: the only thing that mattered was the unbounded, scalar spatial systems where local and global economic dynamics met and clashed. Playing with the dynamics of proximity, evidence of a new reality was acquired: because our fieldwork placed some distance between us and that of the successful Northeast model, it was possible to observe first-hand the inconsistency of such a socio-productive model. It was necessary to consider this "situated production of knowledge" (Rose, 1997) (the delocalised places) not as a way to confirm the data, but rather as a means of highlighting what the available data was not able to show (Leslie, 1999; Baxter and Eyles, 1997).

Figure 1. The Sportsystem district of Montebelluna in Treviso province (Veneto Region, Northeast of Italy)



Source: Associazione dello Sportsystem e dell'imprenditoria del Montebellunese e dell'Asolano, 2017. Own elaboration.

This does not deny the role that non-economic factors played in district development, nor does it deny the significance that it had for the districts themselves in the economic growth of Italy's Northeast. Yet by observing how the Veneto entrepreneurs operated in the areas of delocalization, we gained a better understanding of how much the non-economic factors hid power dynamics. Our thesis argues that within the context of the "northeastern model" these power relations were, on the one hand, less evident thanks

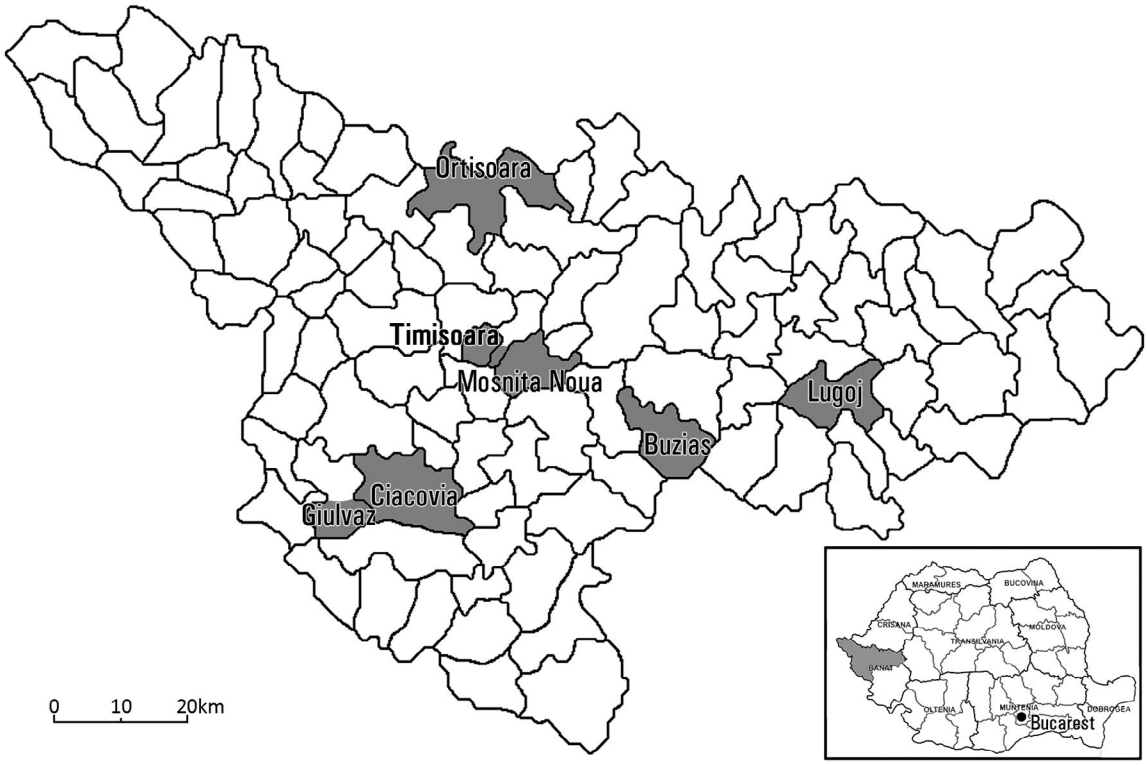
to the redistribution of wealth provided by its initial success, and, on the other, they were still bound by strong social and cultural ties which held back excesses or better, at least in some cases, hid them effectively. In the areas of delocalization, the great disparity of power between the actors involved and the lack of "social control", combined with the loss of public visibility of what was happening "out of sight", exalted the most difficult, sometimes cruel, dimensions that remained unmentioned or hidden in their homeland.

This article focuses on one of the places that symbolically represents the early establishment and subsequent crises of the industrial districts. This is the so-called Sportsystem (clothes and footwear) of Montebelluna (in Treviso) that is not only in its field the district leader at national level, but also plays a decisive role internationally. It is located close to the centre of the heart of the Northeast: the triangle of Treviso, Vicenza, and Padua (see fig. 1).

The Northeast model is better known as the Veneto model. The main city of the industrial district is Montebelluna whose origin dates back to a guild of shoemakers and cobblers ("calegheri" and "zavattieri" in the local dialect) that had already published their first charter by 1271 (Durante, 2006, p. 3). In the past, the district used to be described as "the liveliest production district in Italy": 400 firms and about 8,000 workers. By the end of the 1970s, Montebelluna was one of the richest municipalities in Italy thanks to its ski and after-ski boots production. If at the close of the 1980s the district was responsible for 75% of the world production of ski boots, after-ski boots and footwear for cross-country skiing, today ski footwear only accounts for 10% of the district's income. As Aldo Durante, the former Montebelluna Shoes Museum director stated: "Montebelluna has disappeared from the map as a production district".

The decline continued into the next century. From 1997 to 2008, the number of firms and workers in the Sportsystem district steadily decreased. It appears that delocalisation was the indicator for the decline, and Timisoara (Romania) was the chosen destination. In 2002 there were 393 enterprises from Veneto in Timisoara and by 2005 there were 501. In 2005 they represented 30.35% of Italian firms (*Istituto nazionale Commercio Estero* [ICE], 2010; *Antenna Veneto*, 2005). In 2005, Timisoara represented 57 footwear, textile and clothes companies from Veneto and 7% of all the Italian footwear, textile and clothes in Romania (*Antenna Veneto*, 2005) (see fig. 2).

Figure 2. The localization of the Italian shoe factories in the province of Timisoara (Romania)



Source: National Trade Register Office, Timisoara, 2008. Own elaboration.

By 2006 almost 29% of the firms of the Montebelluna district had delocalised. Among these outsourcing firms, 61% declared they had their production units in Romania, and more than 30% in China (Durante, 2009). For this reason, the decision was made to analyse delocalisation in Timisoara. Many firms from the Northeast, particularly from Montebelluna, delocalised to Timisoara: it gave the impression that they were indeed trying to recreate the district abroad. In 2008, fifty-nine per cent of the firms of the Sportsystem district of Montebelluna delocalised (Durante, 2009). Of particular significance, the former Montebelluna Shoes Museum director states in 2013:

> Our district is living difficult moments and has failed to find the right collaborations that could have allowed it to face the crisis. Every company has its own story, everyone goes on by themselves and nowadays the district counts for nothing (La Tribuna di Treviso, 2013).

People from Veneto and Romanians have been connected for a long time. In the mid-nineteenth century Romania was referred to as "the Oriental Latin sister", "another Italy", "Italy's younger sister" (Scagno, 2008, p. 5-13). The Romanian language, which is not very difficult to understand for Italian speakers, was one of the main reasons why the Northeast chose to outsource to Romania. Timisoara could also offer useful know-how: the first footwear firm (*Fabrica Turul*) opened in 1900 and it eventually became one the largest in Europe. Such expertise became stronger during the Communist era. Romanian national factories worked for Western companies throughout the 1970s and 1980s (Surubaru, 2008). Infrastructure also plays a key role; it takes only eight hours to drive from Treviso to Timisoara. Production can thus be directly controlled without being away from "home" for too long and products can be ready for market in few days. All of these factors contributed to the earlier decision for delocalisation in Timisoara, however, it is clear that the main reason behind the choice was that it offered economic advantages and filled a missing gap: producing in Romania was cheaper and more competitive. This further explains why in 2007, when Romania became a member of the European Community, many Italian firms left the country.

The main drivers of delocalization were, on the one hand, the redefinition of global value chains which redistributed the roles of each country in production activities, and, on the other, the impact of the financial crisis which contracted the markets and reduced the financing opportunities of companies, forcing them to move towards areas with competitive and/or commercial advantages.

2. Research Methodology

This research is mostly based on fieldwork and qualitative analysis (participating observation, shadowing, 123 in-depth interviews[5], collection of life stories, semi-structured questionnaires). The qualitative empirical research not only intended to listen to or giving voice, even if, according to Wilton (1999) it is not often so easy collecting some voices (small entrepreneurs or employees in this case).

Different teams within the research group conducted the work: three Ph.D. students, four researchers and three professors. The interviews took place in Veneto region (Montebelluna district) and in several areas in Timisoara Department from 2007 to 2012 during different fieldwork periods ranging from fifteen days to eight months.

Interview questions concentrated on interpersonal relations: among entrepreneurs and between entrepreneurs and employees; between entrepreneurs and official institution and unions; feelings regarding how entrepreneurs live as expatriates in the delocalised spaces; on production chains and market flows; on labour market features and the relations between small and large firms; and in the end, on types of development "transferred" to different Romanian locations.

The innovative aspect of the analysis further became evident because the team's field research required extensive qualitative research on the micro, small, and medium-sized firms whose data are not usually considered in official surveys. In some cases, the area was also "physically" explored in search of the firms. Some companies concealed themselves and changed their names. Many of them were hidden in the countryside. For example, in Timisoara the administrative offices and governmental bodies representing Italy did not have precise information and did not know exactly how many Italian entrepreneurs were in the area. Unfortunately, data collected previously with fieldwork did not help much as they were not updated and mainly referred to just the last few years. In many cases, the sectors surveyed were undifferentiated and often there was no correspondence with reality: non-existent, bankrupt or closed firms; 'fake' firms

5 60 Italian entrepreneurs in Romania, 10 Italian entrepreneurs in Montebelluna, 30 Italian and Romanian institutional organizations and decision-makers, 23 Romanian workers.

that were only opened in order to buy some land; and non-existent or non-corresponding addresses. Indeed, it appears that all of these conditions were a frequent occurrence. It was also discovered that some firms split into two different companies in order to have tax reductions. Moreover, Italian firms were reluctant to declare the geographical region they came from or the name of their firm in Italy in order either to avoid reporting their taxes to the Italian revenue service, or to be able to continue to be qualified as "Made in Italy". To complicate identification of firms even more was the fact that some firms took advantage of tax reductions exclusively reserved for off-shoring companies. Since reductions are only applicable for the first ten years, many firms pretended to close down, only to immediately re-open for business again under a new name. All of these examples cited above underline the importance of the qualitative approach which stresses the importance of observing entrepreneurial dynamics through lived experiences, assumptions and codes of behaviour (Crang, 2000; Agnes, 2000; Oinas, 1999).

Two methodological techniques were used. The first is individualised comparison where "the focus is on a particular case study, exploring its specific characteristics. The emphasis is on local details" (Ward, 2010, p. 474). On the other hand, work also concentrated on the variation-finding comparison which seeks to "establish a principle of variation in the character or intensity of a phenomenon by examining systematic differences amongst instances" (Tilly, 1984, p. 83) to understand why difference or similarity persists. Identifying empirical regularities, however, does not necessarily establish cause-effect relations or define counter-theories. The perspective was that of a relational comparative approach "that refuses to measure cases against a universal yardstick", but observes:

> How they are formed in relation [to] one another. In this conception, particularities or specificities arise through interrelations between objects, events, places and identities; and it is through clarifying how these relations are produced and changed in practice that close study of a particular part can illuminate the whole. (Hart, 2002, p. 14-15).

The paper will proceed to describe the "crumbling" of the Northeast IDs model. A focus will be placed on the present situation of the model, followed by an analysis of some of the proximities designs that were observed in the Northeast industrial district and in the areas where they delocalised. In particular, a comparison will be made regarding geographical, social, institutional, cognitive and organisational configurations of proximity between Montebelluna and Timisoara.

3. Results

3.1. The Northeast IDs: the crumbling of an expectation

The Northeast model is made up of 30 districts (*Osservatorio Nazionale Distretti Italiani*, 2014). In Veneto alone, there are 22 districts, 56,105 manufacturers and about 2 million people involved. Forty-five per cent of the labour population of Veneto work in the local districts (*Centro Studi Unioncamere*, 2014).

However, cracks in "the entrepreneurial success" began to show back in the 1990s and a domino effect soon affected both the "clusters of enterprises" and the apparently well-rooted "socio-territorial project of the district" (Corò and Micelli, 2006).

Undoubtedly, the pressure caused by the reconfiguration of value chains on a global level has led to the loss of some fundamental competitive elements that, up to that time, had fueled the success of the industrial districts. One of the expressions of such a crisis has been delocalisation. By the end of 2007, the phenomenon involved 30% of the companies based in Veneto and in Friuli Venezia Giulia (Marini, 2013). In 2013, 44.5% of a sample of companies from Veneto were active abroad and 31.5% of the companies whose customers delocalised had to reduce their staff. A further 46.8% also suffered a significant decline in their revenue, while a third decided to relocate their production to new areas (Marini, 2013).

The official reasons why the model failed have been mentioned many times. The crisis further deteriorated because of the financial disorientation that resulted from the suspension of the frequent devaluations of the lira, which had constituted a crucial comparative advantage on the market, and by the quality of Northeast products, which could be easily imitated and sold at a cheaper price by newly industrialised countries (Fiorentini, Tattara and Volpe, 2007). The competitiveness of production reached a negative peak in 2003 when Chinese competition reduced the prices of footwear by 15%. The same happened to the textile and clothing industry in 2005. The end of the "Accordo Multifibre" indeed

liberalised the import market. The ensuing downturn and decision to move in search of —increasingly narrowing— margins of competitiveness are seen as inevitable (Crestanello, 2008; Turato, 2008).

If the constitutive elements of the "myth" and their consistencies are very well known and shared (Becattini, 1989, 2016; Putnam, 1993; Storper, 1997; Morgan, 1997; Porter, 1998; Amin and Wilkinson, 1999; Dei Ottati, 1994; Sforzi, 2002; Celata and Rossi, 2009), a conviction that is less recognised and shared is that

> there are, however, many partial truths and important missing issues in the discourse on Italian industrial districts and some important post-2000 developments seem to contradict the dominant mythology around them. Among these developments —mergers and acquisitions— de-localisation (…) seems to mark a new phase in their history, questioning the celebrated characteristics of the past. (Hadjimichalis, 2006b, p. 83).

For these reasons, Hadjimichalis's conclusions are that "If there is a 'third way' or any other alternative to economic and social development, this cannot come from universally applicable academic models and definitely not from the constructed myths on Third Italy" (2006a, p. 700). What kind of mythology was Hadjimichalis referring to? The criticism of the geographer stressed some issues such as power and inequalities within IDs, the limitation of networking, what co-operation, reciprocity and 'social capital' really mean, the informal economy, gender and ethnicity, the generational gap, wages and working conditions, the role of the state and uneven development —to mention but a few— remain in the dark. (Hadjimichalis, 2006b, p. 83).

It has been 50 years since the development of the Northeast industrial district model and 20 years from when its dissolution started —despite the well-known criticisms that questioned the role of some non-economic factors as criterion to its success (Hadjimichalis, 2006a; 2006b; Bourdieu, 2005; Blim, 1990; Paci, 1992; Mingione, 1998; Sayer, 2000; Fine, 2001; Koniordos, 2005; Bagnasco, 1994; Mouritsen, 2003)— only recently have some scholars, local actors and stakeholders begun to strongly admit that the causes of the crisis and failures were due not only to the economical global crisis after 2008, that was very burdensome, but also to internal inconsistencies.

While still recognising internal fragilities, some other scholars support the fact that past conditions were not suitable to tackle the new challenges brought by the globalisation and the economic crisis (Rabelotti, Carabelli and Hirsch, 2009; Coltorti, 2013; Omiccioli, 2013).

By contrast, according to the President of the Regional Industrial Association, the Northeast nowadays needs "a bath of humbleness" and "it is no longer possible to continue thinking to be better than "others" (Peghin, 2016, p. 9). The Director of the Northeast Foundation (a research centre created in 2000 with the aim of studying "the new socio-economic miracle" known as Northeast industrial model) strongly points out:

> the intrinsic limits of this economic system in setting up and implementing adequate institutions and territorial features able to face the challenges of the global economy. The crisis of two of the major banks (*Banca Popolare di Vicenza* and *Veneto Banca*) beside a number of small banks has provided great evidence of the inability of the Northeast territorial governance and of the inadequateness of the ruling class. (Micelli, 2016, p. 20).

The crisis of the Veneto banking system is not an isolated episode, rather it is the result of years of failures concerned with institutions, economics, research policies and infrastructural projects (the "Mose" project, a flood barrier to protect Venice from floods, and the High Speed Railways Project or the *Pedemontana* highway are cases in point). What is particularly significant regarding the bank crisis is that the consequences directly affected family savings (the losses amounted to 10 billion euro in a very circumscribed space and involved 180,000 savers and local firms). In effect, for over twenty years the leaders of the two banks significantly affected the economic development of the territory and their authority was never questioned. The executives were local figures from trade associations, chambers of commerce, universities and well-established business contexts who clearly abused their role (Micelli, 2016). Even the former Governor of the Veneto, Giancarlo Galan, author of the book "I am the Northeast", was convicted in various legal proceedings, together with other politicians and administrators.

3.2. Configurations of Proximity in the Northeast: the Sportsystem district of Montebelluna

3.2.1. Geographical Proximity

When discussing geographical proximity, "physical" distance —i.e. how close or far places are from each other— may be relative. What counts is "how" such distance can be perceived in order to interpret

the relational geographies that result from it (Boschma, 2005). In the Northeast, however, it seems that physical distance should have played an important role: small and medium-sized firms (especially in manufacturing) were built next to, above, and sometimes inside homes and near one another (an example of a very close geographical proximity). In this context closeness should have been an essential condition for exchange of information and knowledge, both for experimentation in the production process and for rapid testing of products. However, in the 1990s, these characteristics of very close proximity began to collapse when the distance between local and global rapidly decreased. In a short time, new proximities emerged as the district was taken over by new actors, larger companies and multinational corporations "in search of those context-specific competences and local information networks that are real *intangible assets* difficult to reproduce outside the area" (Corò, Gurisatti and Rossi, 1998, p. 132). According to Hadjmichalis (2006b), "the processes of capital concentration via mergers, acquisition and formation of vertical industrial groups (…) seem to be a major turning point" (p. 90). There was no way out for small-scale firms. They lacked the expertise on how to move so easily in these new dimensions. For many artisans there were only two possibilities: delocalising or closing down their small businesses. The few that remained, if they wanted to stay in business, were physically and economically bound to "orbit" around the bigger firms to take orders, consign goods, and whatever work they could find, yet only as suppliers or sub-suppliers. As one of the entrepreneurs interviewed explained during fieldwork in Montebelluna: "Working as third party manufacturers somehow seems to imply losing entrepreneurial autonomy and the sense of enterprise as an adventure in which people can prove themselves and their skills. It is a kind of failure of the original plan" (Pasquato, 2010, p. 224). Consequently, geographical proximity assumed the form of *territorial lock in* (Amin and Wilkinson, 1999; Torre and Rallet, 2005; Hadjimichalis, 2006a; Boschma, 2005).

3.2.2. Social and Institutional Proximity

The concept of social proximity is developed in relation to the level of embeddedness of economic actions, that is, in order to understand how and how much economic actors, as with companies in this case, depend on the specific (and evolving) social contexts in which they are located (Polanyi, 1967; Granovetter, 1973, 1983). Social proximity is first of all connected to the micro-social context, i.e. the relationships among individuals inside a small group ("strong ties"). According to Granovetter (1973), analysing these interpersonal relationships can help us to understand relations at the macro level where proximity dynamics become "institutional" (Boschma, 2005). However, the actors' multi-stability and their opportunities to develop depend on their ability to create "weak ties", i.e. to build bridges connecting them with the outside world and with what is different from their own small group or family (Granovetter, 1973). Socially speaking, Veneto's entrepreneurship is recognized as a symbol of "strong ties". It is shaped around the structure of the traditional, conservative, intensely Catholic, extended family and has been defined as "the largest part of the Italian vestry" (Covre, 2006, p. 81) whose common cultural habits include social conformism, the spirit of obedience and attention to appearance, something that could be expected from the parochial countryside of the "white" Veneto (Brusco, 1994; Rullani, 2006).

In the beginning, the entrepreneurs-to-be of the Northeast model started out as artisans and/or "metalmezzadri", i.e. tenant farmers who supplemented their income by working in factories (Roverato, 1984; Ginsborg, 1989; Corò, *et al.*, 1998; Diamanti, 2006). The stereotype of the self-made man was an emblem of this essentially male entrepreneurship. The human-family resources were the locomotive of the enterprise and its main investment: they were cheap, flexible and reliable (as the tie between family members was both affective and productive). Family, ownership and control of the enterprise all became one and the same and family rules became the rules of the enterprise (Hadijmichalis, 2006a). Such supposed "omnipotence" is the reason why the district's entrepreneurs did not see the challenges posed by the new globalised context as a "common destiny". The family-firm believed it had everything it needed within itself (as it was in the beginning), and so it consequently underestimated the value of the changes that needed to be put into place by the narrowing distance between local and global. The former family "strong ties" became a safe haven and a trap at the same time.

With respect to institutional proximity, local governance had been unable to handle the explosion of micro industrialisation and industrial districts and, in the same way, it was unable to interact with the local-global dialectic or to protect weaker actors who were the small artisans that had actually created the Northeast model (Messina, 2008). This is why many firms did not identify with the districts. In the words

of an entrepreneur in Montebelluna: "The interests that the districts pursue are those of the medium and large companies that have ruled over the territory for generations" (Pasquato, 2010, p. 255). In 2006, the report made by Socio-Economic Observatory of the Sportsystem district of Montebelluna (OSEM) surveyed 365 firms: only 150 had been formally registered in the Sportsystem District, which had only been officially institutionalized in 2003 (Durante, 2006). The latest data collected from these firms dates back to 2008. In 2009 the report stopped being funded. In 2013 the Shoes Museum and the Sportsystem Foundation of Montebelluna, "witnesses" and "symbols" of the historical past of the district, avoided closure by being absorbed by the Montebelluna Culture Institution, a state entity. The local territory that created it did not have the resources necessary to guarantee its survival or its role. Districts in other regions organized differently. In Tuscany or in Emilia Romagna, where inter-firm cooperation and interdependence were "strongly supported by the local and the regional government (…), has created the institutional thickness on whose basis industrial districts have grown up and flourished in the region" (Celata and Rossi, 2009, p. 390). In Veneto, the present bank crisis demonstrates how institutional proximity cannot only be "a matter of voluntary civic engagement, without taking into account the inherent conflicting parameters characterizing politics" (Hadjmichalis, 2006a, p. 690).

3.2.3. Cognitive and Organisational Proximity

The main reference for cognitive proximity is connectedness, i.e. access to information sources. However, for actual knowledge transfer and interactive learning to take place, being connected is not enough. Receptivity is also needed (Antonelli, 2000). Torre and Rallet (2005) define organisational proximity as "the ability of an organisation to make its members interact" (p. 49). Two aspects need to be considered at the same time: the stabilisation of internal routine practices and the resulting dynamics thanks to inside-outside relations that allow people to learn new things. In the areas where the Northeast model developed, individually acquired craftsmanship —whose most precious material and immaterial secrets were held within the family-firm system— was consolidated through reciprocal "monitoring and comparison" (Bathelt, Malmberg and Maskell, 2004, p. 36) of knowledge and experiences: the so-called "local buzz", context-specific or tacit knowledge (Polanyi, 1967; Becattini and Rullani, 1993; Bathelt, *et al.*, 2004). However, when mainly multinationals and some local firms —the strongest, best-organised, and most alert to global economic changes— understood the importance of reorganising the knowledge that was fragmented among many actors, they absorbed artisan know-how, put together certain specifics and turned them into technological innovation by investing in research. As a result, small entrepreneurs completely lost control of the organisational, productive and cognitive processes.

By buying local brands and imposing their production logics and mass marketing, large companies dealt a fatal blow to local small producers that became subordinate to large companies from several points of view: cognitively (research and innovation were carried out by the large companies and the small ones could only imitate) (Corò, *et al.*, 1998; Rullani, 2006); entrepreneurially, in that small entrepreneurs found it more difficult than larger ones to fill the gap between available (context-specific) and increasable (codified) knowledge and which, consequently, decreased the possibilities to acquire innovative technology and enter new markets; and economically (only the strongest companies could invest in technology while the others, with no access to credit, fell behind).

Today the Montebelluna district is made up of small firms that have delocalised 90% of their production abroad. As a consequence, the internationalised companies that are in the territory of Montebelluna produce for the most part an immaterial economy (Rullani, 2006). The added value of their physical proximity concerns what districts used to be in the past, such as in heritage marketing (Toninelli, 2006; Montemaggi and Severino, 2007), but not of the present (Pasquato, 2010). Local productivity and know-how is being lost and, consequently, firms are headed towards an increasingly a-territorial cognitive proximity.

Furthermore, the research proved that the very non-economic factors that were considered the strengths of the district model were not actually deeply rooted. Interdependence between production organisations had not created symmetrical power relations, so that some firms were dependent rather that inter-dependent on others. The model had grown under the influence of power mechanisms that had been strengthened by layers of socio-cultural stereotypes. The family model, which eventually became

the business model, was built on a division of roles based on gender and social classes and a religious culture whose main values were obedience, sacrifice and respectability.

These first attempts at self-criticism that are now taking place in Veneto are more dramatically demonstrated when they are confronted with the socio-productive relations within the delocalised spaces.

3.3. Configurations of Proximity in Timisoara: the "Trevisoara" system

3.3.1. Geographical Proximity

New jargon has evolved with delocalisation such as "Trevisoara" (short for Treviso and Timisoara) or "Timisoara is like Veneto" (Redini, 2007). Western Romania is even considered the fourth region of the Northeast (Sarcina, 1997; Iordache, 2004; Rullani, 2006) and Timisoara the eighth province of Veneto.

However, in regard to their relationship, the distance between the firms in the Northeast and the Timisoara territories is, in fact, enormous.

Firms and plants are "islands" in which entrepreneurs move. The Northeast is always closer than the space outside the gates of the factory in Timisoara. Different production managers and technicians of delocalised companies frequently stated: "I have worked here in Timisoara for three years (…). It takes only a one-hour flight to be home. I can go home if there is a problem". *"So you don't live here, do you?"* "No, I don't live here, I live in Italy. I usually leave on Thursday and go back on Sunday" (Interview, 03.03.2008).

3.3.2. Social and Institutional Proximity

Consistent with their individualistic business style, for many years Veneto entrepreneurs delocalised on their own. They decided where and how to start and develop their business without any assistance (Corò, *et al.*, 1998). Many of them felt humiliated when their businesses failed (Scroccaro, 2012). Bankruptcy generated a sense of "shame"; the pain of having to close down the "family" business is still very much alive in the entrepreneurs' interviews. Even today, "shame" is one of the main causes of suicide among Veneto entrepreneurs. A technician working in a delocalised firm says: "My family has been making shoes for three generations, I was born making shoes, but with me everything finishes. I went bankrupt. Twenty years have passed but in Italy even today if you go bankrupt you can starve to death" (Interview, 11.03.2008). Entrepreneurs clearly do not have that background of a strong, effective social proximity that was one of the main declared values of the industrial districts. Those working in the same sector often did not talk to each other and obviously did not exchange information to work as a team. Many of them even ended up "stealing" workers by offering a few euros more than their Italian neighbours, especially when demand for labour was high and deadlines tight. Such practices caused several bankruptcies because of the shortage of workers and the impossibility of producing in the due time (Scroccaro, 2012). Veneto entrepreneurs had little to do with one another, and they did not want to develop relations with each other. Of course, close relationships with Romanian workers were also normally avoided. Exploitation of the workforce, especially women, in the areas of delocalisation could be described as "primitive (or bloody) taylorism" (Lipietz, 1997, p. 10). During this first round of delocalisation, entrepreneurs confessed that "workers were kept in inhuman or pseudo-human conditions, in the cold, with little light" (Interview, 29.01.2008). Compared to that, the conditions of the *Turul Factory* (in Timisoara) were much better. When the plant was established there were lamplights, several canteens and kitchens where workers could heat up their food (Patac and Cazan, 2001). The idea of "working time" is another appropriate parameter that further confirms the lack of social proximity between Romanians and Italians. The entrepreneurs from Veneto believe in a labour intensive model that produces a culture and a "cult" of tireless work, further characterized by an "inflexible temporal flexibility". The local workers only chance to challenge this model was to boycott it. "Delays", frequent breaks (for example to use the toilette), malfunctioning of machines, theft of shoes or primary materials, worker absenteeism and the continual turnover of workers from one firm to another, are typical examples of some attempts to redress the balance of power in the relations involved, thus slowing down production and creating problems for the company and the owners.

Passing from the interpersonal relational aspects at the micro-social level to the institutional relations or macro-level in Timisoara, as had occurred in Veneto, the organisations of entrepreneurs and formal political and economic institutions intervened only afterwards in an attempt to organise, consolidate

and, in some cases, justify what the entrepreneurs had already realised autonomously on the field. When Italian entrepreneurs arrived in Romania for the first time in the 1990s, their only point of reference was the Italian Embassy in Bucharest and the Italian-Romanian Bank which was founded in 1980: the first joint venture between Italy and Romania in the banking sector. In 2000 Veneto Banca (one of the present investigated banks) assumed control. In 1994, some representatives of Italian entrepreneurs in Romania established the Italian Chamber of Commerce in Bucharest. All these institutions were concentrated in the capital of Romania, while the majority of the small and medium Italian companies were located in the west of the country. Only ten years after the beginning of delocalisation, and only when medium and large companies arrived and put into place production and logistics platforms, were some functional bodies set up to help foreign investors. It was not until 2000, after the establishment of the Consulate of Italy in Timisoara, that three institutional organisations were established in the western Romanian region: the ICE office, the Italian Trade Promotion Agency, a governmental organisation that promotes the internationalization of Italian companies, in line with the strategies of the Ministry for Economic Development; "Unimpresa Romania", an entrepreneurial organisation, now called "Confindustria Romania", which supports and defends its members when they have to deal with the Romanian Government and Romanian labour unions; and "Antenna Veneto" established in 2002 in Timisoara by the Foreign Trade Centre of the Venetian Chambers of Commerce, now "Veneto Promozione". Due to the fact that their services often overlapped, the entrepreneurs often became disoriented and suspicious about the services that were offered (Scroccaro, 2012). Consequently, most of the entrepreneurs who delocalised have never contacted Italian authorities abroad and have no intention of doing so. For that matter, as Diamanti (2006) has written, a well-informed expert of the Northeast territory, that it is indeed known to be "far from the State and suspicious of everything that is public" (p. 168). Even today, not only for this reason, some of these institutions, such as the ICE offices and the Consulate of Italy in Timisoara, have since closed down leaving it once again to the entrepreneurs to manage the difficult evolution of delocalisation in times of a global economic crisis.

3.3.3. Cognitive and Organisational Proximity

The quality of social and geographical proximity obviously influences cognitive proximity even if geographical proximity does not necessarily enhance cognitive proximity (Boschma, 2005; Torre and Rallet, 2005). To shed light on this aspect, the entrepreneurs were asked: *"How are relationships with other firms?"*. The most frequent answers were all practically the same: no collaboration among the companies. As time went on, some codified knowledge certainly passed from the firms' technicians to the workers, but, as a rule, there were rigid controls on the workers to make sure that they only acquired the skills that were necessary to perform their specific tasks. Italian technicians followed this rule very strictly, particularly since after having accepted to work far from home they were afraid to lose their jobs to Romanian technicians.

In a more advanced stage of delocalisation, other segments of production were outsourced, such as finishing and then, more recently, innovation and research: 29% of the firms interviewed transferred to Timisoara mainly for the construction of models and 18% for design and marketing (Scroccaro, 2012). The spill-over effect that resulted from this was the first step towards the emergence of Romanian entrepreneurs. In some cases, locals started to run satellite branches or firms delocalised to neighbouring countries but never where the most valuable knowledge was concentrated. An asymmetrical distribution of power was still very visible. The situation mirrored what had happened in Veneto in the districts between medium/large companies and small local firms.

Also in regard to organisational proximity, essentially two configurations also mirrored what used to happen in the northeastern districts. The first is individual delocalisation, in tune with the northeastern entrepreneurs' isolated spirit (limited to family). As mentioned earlier, for most of the enterprises delocalisation happened in an individualistic and uncoordinated way that can at best be defined as a process of imitation. These enterprises outsourced a production segment but were often sub-suppliers for other firms. The second configuration of organisational proximity occurs when a strong actor, such as a leading firm, delocalises and conditions its suppliers (third-party manufacturing, supplying, and sub-supplying, [Dicken, 2011]) to follow it in delocalizing (Crestanello, 2008; Pitingaro and Sartor, 2008). These weak actors are drawn by the "weight" of the medium/large firm: they foresee more certainty for their businesses in its network of relations. It has already been highlighted how fragile this situation of dependence

could be (Andreff, Andreff and Boudier-Bensebaa, 2001; Bioteau, Boulineau, Cristescu and Michalon, 2008; Crestanello and Tattara, 2010; Kurko, 2009; Labrianidis, 2008).

To conclude, the same values described above for the Northeast model drove the organisational proximity of the delocalised enterprises: the owner is the only source of authority.

4. Discussion

As described in the previous sections, some configurations of proximity that have helped to create the success of the NE, reveal significant contradictions. Some of the values of the district model, which have been listed by Putnam (1993) as "trust, norms and networks that facilitate cooperation for mutual benefit" (p. 167) were not so easy to recognize. A possible explanation lies in Hadjmichalis's (2006a) words:

> Social capital, reciprocity and trust have become very poetic, romantic views of human economic cooperation in those studies of successful regions, fostering an image of altruism and self-sacrifice, as opposed to opportunism. Remarkably, the trust theorists fail to note how trust depends on trustworthiness, which in turn is often more a result of submission to domination than a free moral choice. (p. 696).

These aspects are difficult to detect in the territories of the districts because it is not immediately possible to quantify and, therefore, objectify them. They are the product of long-established power relations whose mechanisms are often difficult to grasp even by the actors that are involved. There are power asymmetries that are often perceived as "normal" and are therefore not questioned.

Moreover, it is shown how these contradictions emerge more clearly when observed within the delocalised context. In fact, the qualitative study of new phenomena of proximity produced through delocalisation revealed that in Timisoara (Romania), Veneto entrepreneurs do not trust each other, and they are not interested in exchanging knowledge or aware of the fact that collective action may benefit them personally. A new perspective, which has thus far been ignored by literature, clearly emerges from the interviews conducted with local actors. The former managing director of a large northeastern company who delocalised in Romania explains:

> Who were the entrepreneurs of Northeast districts? They were former workers of manufacturing companies. They knew how to make certain products and they started building their own tools and to work like dogs. They used to work on Saturday and Sunday with their wives and children. They did not write any handbook and were not able to pass their know-how on to other people, they did not create a model. As a consequence, the companies that have delocalised here worked well as long as the entrepreneurs, or somebody managing the company on their behalf, were there. When entrepreneurs die, factories die. (Interview, 29.01.2008).

In the areas of delocalisation, many entrepreneurs agree that in Romania things work in the same way as in Treviso, at least for what is happening today, after the impact of global competition:

> In the Treviso district all firms compete with one another. Everyone does their own thing. The district was created by the large companies. For everything else, everybody manages their own business, they do not have the mentality of working together and everyone searches for work without any help (especially in the footwear industry). In the delocalised district there are no horizontal relationships, only vertical relationships. Large companies move and take suppliers and services with them. Small and medium-sized firms do not collaborate. (Interview, 26.07.2007).

The research conducted by Popescu (2013) on the Italian footwear and textile-garments producers in Timisoara shows similar results. According to her study, medium-sized and big Italian firms

> are poorly embedded in the territory, either because they exploit lower labour cost or take advantage of the international trade opportunities. One of the consequences is that each company promotes its own vision rather than share a common vision of the cluster. The companies do not show any interest in constructing an identity and creating a sense of belonging to the same business community. Furthermore, they cooperate and form business networks but they do not involve in social processes and networks. They are weakly related to the educational and research-development infrastructure and the technological knowledge they have does not nourish the local economy. The innovative and knowledge management capacity at company level is at its lowest. (Popescu, 2013, p. 21).

All these observations of the contexts of delocalisation helped to reveal contradictions in the myth of the district model. Geographical proximities may be almost a trap rather than an opportunity: knowledge

is exchanged in a way that is disadvantageous for the weaker actors and large companies do not hesitate to dismiss local artisan know-how and to hire cheaper sub-suppliers outside of the district area or by using illegal sweatshops in the district territories. Besides, even in the areas of delocalisation, firms easily do away with the sub-suppliers they had previously dragged with them abroad (after having declared they felt "responsible" for them) when they think it may be cheaper to delocalise again.

5. Conclusions

In the area of delocalisation under consideration, the characteristics of the Northeast model appear without the facade of the "domestic" cultural models. Far from the "sets of common habits, routines, established practices, rules, or laws that regulate the relations and interactions between individuals and groups" (Edquist and Johnson, 1997, p. 46), the involved actors unveiled their true colours in an individualistic fight for survival. The interviews collected demonstrate that there was no search for geographical proximity that would have promoted exchange of knowledge; no reciprocal mutual trust; nor were organisational structures put into place that could go beyond a mere economic advantage; and lastly, institutional proximity was not sought after. The Northeast model seen through the eyes of the delocalisation process has turned out to be an unpleasant surprise. The proximities active in the district of Montebelluna were not able to reproduce abroad as expected.

Veneto IDs have suffered through several crises, yet because of their capacity for flexibility and innovation, they will, in all probability, overcome the current crisis. What is certain is that its future characteristics will be completely different from those used to construct and celebrate the archetypal mythology. The Veneto Northeast model, although it undoubtedly constituted a powerful mechanism of economic success during its phases of expansion, will never be what it was alleged to be. Nowadays, entrepreneurs and opinion makers no longer want to talk about the area as an economic model different from the rest of Italy (*VeneziePost*, 2013). The Northeast Report 2016 declares: this is perhaps the first time that the Northeast is self-processing publicly. The territory has ceased to be a virtuous place par excellence. The local ruling class has not been able to take advantage of this favourable moment and merely reproduces in the local area the old national vices. It is the end of the ideology of the 'territory' (Micelli, 2016, p. 23).

Clearly, the proximities discussed in this paper can no longer be regarded as necessary pre-conditions for rethinking the new phase for social and economic ventures in the Northeast.

References

Agnes, P. (2000). The "end of geography" in financial services? Local embeddedness and territorialisation in the interest rate swaps industry. *Economic Geography,* 76, 347-66. https://doi.org/10.2307/144391

Agnoletti, C., Iommi, S., & Lattarulo, P. (Eds.). (2015). *Rapporto sul territorio. Configurazioni urbane e territori negli spazi europei*. Firenze: IRPET.

Amin, A. & Wilkinson, F. (1999). Learning, proximity and industrial performance: an introduction. *Cambridge Journal of Economics,* 23(2), 121-25. https://doi.org/10.1093/cje/23.2.121

Amin, A. & Thrift, N. (1992). Neo-Marshallian Nodes in Global Networks. *International Journal of Urban and Regional Research,* 16(4), 571-587. https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.1992.tb00197.x

Andreff, M., Andreff, W. & Boudier-Bensebaa, F. (2001). Sous-traitance internationale de façonnage et trafic de perfectionnement passif entre les Pays de l'Union Européenne et de l'Europe de l'Est. *Revue d'Études Comparatives Est-Ouest,* 32(2), 5-34. https://doi.org/10.3406/receo.2001.3084

Antenna Veneto (2005). *Indagine sulla presenza imprenditoriale veneta in Romania.* Centro Estero delle Camere di Commercio del Veneto.

Antonelli, C. (2000). Collective Knowledge Communication and Innovation. The Evidence of Technological Districts. *Regional Studies,* 34(6), 535-547. https://doi.org/10.1080/00343400050085657

Associazione dello Sportsystem e dell'imprenditoria del Montebellunese e dell'Asolano (2017). Retrieved from https://www.montebellunasportsystem.com

Aydalot, P. (Ed.). (1986). *Milieux innovateurs en Europe/Innovative Environments in Europe*. Paris: GREMI.

Bagnasco, A. (1977). *La Terza Italia. Problematiche dello sviluppo Italiano*. Bologna: Il Mulino.

Bagnasco, A. (1994). *Fatti sociali formati nello spazio*. Milano: FrancoAngeli.

Bathelt, H., Malmberg, A. & Maskell, P. (2004). Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. *Progress in Human Geography,* 2(1), 31-56. https://doi.org/10.1191/0309132504ph469oa

Baxter, J. & Eyles, J. (1997). Evaluating qualitative research in social geography: establishing "rigour" in interview analysis. *Transaction of the Institute of British Geographers,* 22, 505-525. https://doi.org/10.1111/j.0020-2754.1997.00505.x

Becattini, G. (1987). *Mercato e forze locali. Il distretto industriale*. Bologna: Il Mulino.

Becattini, G. (1989). Riflessioni sul distretto industriale marshalliano come concetto economico. *Stato e Mercato,* 25, 111-28. http://www.jstor.org/stable/24650136

Becattini, G. (2007). *Il calabrone Italia. Ricerche e ragionamenti sulla peculiarità economica italiana.* Bologna: Il Mulino.

Becattini, G. (2009). *Ritorno al territorio*. Bologna: Il Mulino.

Becattini, G. (2016). *La coscienza dei luoghi. Il territorio come soggetto corale*. Roma: Donzelli Editore.

Becattini, G. & Rullani, E. (1993). Sistema locale e mercato globale. *Economia e Politica Industriale,* 80, 25-48.

Bioteau, E., Boulineau, E., Cristescu, J. & Michalon, B. (2008). Fleuves et frontières en Roumanie. *Méditerranée: Revue Géographique des Pays Méditerranéens,* 110, 5-16. https://doi.org/10.4000/mediterranee.276

Blim, M.L. (1990). Economic development and decline in the emerging global factor: some Italian lessons. *Politics and Society,* 18(1), 143-163. https://doi.org/10.1177/003232929001800106

Boschma, R.A. (2005). Proximity and Innovation: a critical assessment. *Regional Studies,* 39(1), 61-74. https://doi.org/10.1080/0034340052000320887

Bourdieu, P. (2005). *The social structures of the economy*. Cambridge: Polity Press.

Brusco, S. (1994). Sistemi globali e sistemi locali. *Economia e Politica Industriale,* 84(2), 63-76.

Camagni. R, (1991). Local "Milieu". Uncertainty and Innovation Networks: Towards a new Dynamic Theory and Economic Space. In R. Camagni (Ed.), *Innnovation Network: Spatial Perspectives* (pp.121-142). London: Belhaven Press.

Capello, R. (2004). *Economia regionale. Localizzazione, crescita regionale e sviluppo locale*. Bologna: Il Mulino.

Celata, F. & Rossi, U. (2009). Industrial Districts. In R. Kitchin & N. Thrift (Eds.), *International Encyclopedia of Human Geography* (pp. 389-395). https://doi.org/10.1016/B978-008044910-4.00844-0

Centro Studi Unioncamere (2014). *Rapporto Unioncamere 2014. Imprese, comunità e creazione di valore.* Roma: Unioncamere.

Coltorti, F. (2013). Italian industry, decline or transformation? A frame work. *European Planning Studies,* 21(12), 2037-2077. https://doi.org/10.1080/09654313.2012.722972

Conti, S. (1997). L'acquisizione della conoscenza come processo localizzato. *Sviluppo Locale,* 4(4), 5-26.

Conti, S. & Julien, P.A. (1991). *Miti e realtà del modello italiano. Letture sull'economia periferica*. Bologna: Patron.

Cooke, P. (1988). Flexible integration, scope economies and strategic alliances: Social and spatial mediation. *Society and Space,* 6, 281-300. https://doi.org/10.1068/d060281

Corò, G., Gurisatti, P. & Rossi, A. (1998). Il distretto dello Sport System di Montebelluna. In G. Corò & E, Rullani (Eds.), *Percorsi locali di internazionalizzazione. Competenze e auto-organizzazione nei distretti industriali del Nord-Est* (pp. 57-148). Milano: FrancoAngeli.

Corò, G. & Micelli, S. (2006). *I nuovi distretti produttivi. Innovazione, internazionalizzazione e competitività dei territori*. Venezia: Marsilio.

Covre, G. (2006). La battaglia per l'identità. Dalla Liga al movimento dei sindaci. In M. Cacciari & S. Voltolina (Eds.), *Il facchino del Nordest* (pp. 69-84). Venezia: Marsilio.

Crang, M. (2000). Playing nymphs and swains in a pastoral idyll. In A. Hughes, C. Morris & S. Seymour (Eds.), *Ethnography and rural research* (pp. 158-78), Cheltenham: Countryside and Community Press.

Crestanello, P. (2008). I processi di trasformazione dell'industria dell'abbigliamento veneto. *Economia e Società Regionale,* 101, 33-66.

Crestanello, P. & Tattara, G. (2010). Industrial clusters and the governance of the global value chain: the Romania-Veneto network in footwear and clothing. *Regional Studies,* 45(2), 187-203. https://doi.org/10.1080/00343401003596299

Dei Ottati, G. (1994). Cooperation and competition in the industrial district as an organisational model. *European Planning Studies,* 2, 463-483. https://doi.org/10.1080/09654319408720281

Diamanti, I. (2006). Senza di lui, un altro nordest. In M. Cacciari & S. Voltolina (Eds.) *Il facchino del Nordest* (pp. 167-72). Venezia: Marsilio.

Dicken, P. (2011). *Global Shift. Mapping the changing Contours of the World Economy*. London: Sage.

Durante, A. (Ed.). (2006). *Rapporto OSEM*, *23 Edizione*. Montebelluna: Montebelluna Sportsystem and Veneto Banca.

Durante, A. (Ed.). (2009). *Rapporto OSEM e Previsioni 2009, 24 Edizione*. Montebelluna: Montebelluna Sportsystem and Veneto Banca.

Edquist, C. & Johnson, B. (1997). Institutions and organisations in systems of innovation. In C. Edquist (Ed.), *System of Innovation. Technologies, Institutions and organisations* (pp. 41-63). London Pinter.

Fine, B. (2001). *Social Capital Versus Social Theory*. https://doi.org/10.4324/9780203470787

Fiorentini, R., Tattara, G. & Volpe, M. (2007). L'internazionalizzazione, le imprese, l'occupazione e le politiche del Veneto che cambia. *Quaderni CRIAPI,* 1, 9-15.

Ginsborg, P. (1989). *Storia d'Italia dal dopoguerra ad oggi*. Torino: Einaudi.

Granovetter, M.S. (1973). The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology,* 78(6), 1360-1380. https://doi.org/10.1086/225469

Granovetter, M.S. (1983). The Strength of Weak Ties. A Network Theory Revisited, *Sociological Theory,* 1, 201-233. https://doi.org/10.2307/202051

Hadjimichalis, C. (2006a). Non-Economic Factors in Economic Geography and in New Regionalism: A Sympathetic Critique. *International Journal of Urban and Regional Research,* 30(3), 690-704. https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.2006.00683.x

Hadjimichalis, C. (2006b). The end of Third Italy as we knew it?. *Antipode,* 38(1), 82-106. https://doi.org/10.1111/j.0066-4812.2006.00566.x

Hart, G. (2002). *Disabling globalization: places of power in post-Apartheid South Africa*. Berkeley, CA: University of California Press.

Istituto nazionale Commercio Estero (2010). *Romania. Nota congiunturale*. Bucuresti: ICE.

Iordache, M. (2004). Timisoara, capitale del Nordest. *Osservatorio Balcani e Caucaso*. Retrieved from: http://www.balcanicaucaso.org/aree/Romania/Timisoara-capitale-del-Nordest

Koniordos, S.M. (Ed.). (2005). *Networks, Trust and Social Capital*. London: Ashgate.

Kurko, I. (2009). Regional disparities in the transition period. *Romanian Review of Regional Studies,* 2, 22-30.

La Tribuna di Treviso (November 1, 2013). I numeri del crollo. *La Tribuna di Treviso*. Retrieved from: http://tribunatreviso.gelocal.it/cronaca/2013/11/01/news/i-numeri-del-crollo-2-mila-posti-persi-1.8036441

Labrianidis, L. (Ed.). (2008). *The moving frontier.* Aldershot: Ashgate.

Leslie, D. (1999). Consumer subjectivity, space and advertising research. *Environment and Planning A,* 31, 1443-57. https://doi.org/10.1068/a311443

Lipietz, A. (1997). The post-Fordist world: labour relations international hierarchy and global ecology. *Review of International Political Economy,* 4(1), 1-41. https://doi.org/10.1080/096922997347841

Marini, D. (Ed.). (2013). L'Italia delle imprese. Rapporto 2013. *Quaderni FNE*, 73, dicembre 2013. Venezia: Fondazione Nordest.

Messina, P. (Ed.). (2008). *Reti di impresa e reti di città. Scenari evolutivi sostenibili per il Nordest*. Padova: Cleup.

Micelli, S. (2016). Un anno di svolta. In S. Micelli & S. Oliva (Eds.), *Nordest 2016* (pp. 11-34). Venezia: Marsilio.

Mingione, E. (1998). *Sociologia della vita economica*. Roma: Carocci.

Montemaggi, M. & Severino, F. (2007). *Heritage marketing*. Milano: FrancoAngeli.

Morgan, K. (1997). The learning region: institutions, innovation and regional renewal. *Regional Studies,* 31(5), 491-503. https://doi.org/10.1080/00343400701232322

Mouritsen, P. (2003). What's the civil in civil society? Robert Putnam, Italy and the Republican tradition. *Political Studies,* 51, 650-68. https://doi.org/10.1111/j.0032-3217.2003.00451.x

National Trade Register Office, Timisoara (2008). Retrieved from http://www.onrc.ro

Oinas, P. (1999). Activity-specificity in organisational learning: implications for analysing the role of proximity. *GeoJournal,* 49(4), 363-72. https://doi.org/10.1023/A:1007184012189

Omiccioli, M. (2013), *I sistemi produttivi locali*. Roma: Carocci.

Osservatorio Nazionale Distretti Italiani (2014). Retrieved from http://www.osservatoriodistretti.org

Paci, M. (1992). *Il mutamento della struttura sociale in Italia*. Bologna: Il Mulino.

Pasquato, C. (2010). *Tra radicamento locale e tensioni globali: territorio e territorialità del distretto dello Sportsystem di Montebelluna*. PhD thesis, Università di Padova, Italy.

Patac, F. & Cazan, C. (2001). *Societatea Comercială "Banatim" S.A. O sută de ani de activitatea*. Timişoara: Editura Almanahul Banatului.

Peghin, F. (2016). Premessa. In S. Micelli & S. Oliva (Eds.), *Nordest 2016* (p. 9). Venezia: Marsilio.

Pitingaro, S. & Sartor, G. (2008). L'internazionalizzazione dell'industria veneta: questioni di misura e analisi. *Economia e Società Regionale,* 103(3), 35-57.

Polanyi, M. (1967). *The Tacit Dimension*. London: Routledge and Kegan.

Popescu, C. (2013). From Veneto (Italy) to Timisoara (Romania): The Birth of an Industrial Cluster. *Human Geographies - Journal of Studies and Research in Human Geography,* 7(2), 15-23. https://doi.org/10.5719/hgeo.2013.72.15

Porter, M.E. (1998). Clusters and the new economics of competitiveness. *Harvard Business Review,* 76, 77-90.

Putnam, R. (1993). *Making democracy work*. Princeton NJ: Princeton University Press.

Rabelotti, R., Carabelli, A. & Hirsch, G. (2009). Italian industrial districts on the move: where are they going?. *European Planning Studies,* 17(1), 19-41. https://doi.org/10.1080/09654310802513914

Rallet, A. & Torre, A. (2000). Is geographical proximity necessary in the innovation networks in the era of the global economy?. *GeoJournal,* 49(4), 373-80. https://doi.org/10.1023/A:1007140329027

Redini, V. (2007). Del dare e togliere corpo al lavoro. In F. Gambino & D. Sacchetto (Eds.), *Un arcipelago produttivo* (pp. 171-206). Roma: Carocci.

Rose, G. (1997). Situating knowledges: positionality, reflexivities and other tactics. *Progress in Human Geography*, 21(3), 305-320. https://doi.org/10.1191/030913297673302122

Roverato, G. (1984). La terza regione industriale. In S. Lanaro (Ed.), *Storia d'Italia. Le regioni dall'Unità a oggi. Il Veneto* (pp. 163-230). Torino: Einaudi.

Rullani, E. (2006). *Dove va il Nordest. Vita, morte e miracoli di un modello*. Venezia: Marsilio.

Sarcina, G. (December 7, 1997). Romania, quarta regione del Nordest. *Corriere della Sera*, 21.

Sayer, A. (2000). Critical and uncritical cultural turns. In I. Cook, D. Crouch, S. Naylor & J. Ryan (Eds.), *Cultural turns/geographical turns* (pp. 166-181). Harlow; New York: Prentice Hall.

Scagno, R. (Ed.). (2008). *Veneti in Romania*. Ravena: Longo Ed.

Scott, A. & Storper, M. (1988). The geographical foundations and social regulation of flexible production complexes. In J. Wolch & M. Dear (Eds.), *The Power of Geography* (pp. 21-40). London: Allen and Unwin.

Scroccaro, A. (2012). *Des territoires aux territorialités multi-situées: reseaux de la production du "made in Italy" en Roumanie*. PhD thesis, Université de Montpellier, France/Università di Padova, Italia.

Sforzi, F. (2002). The industrial district and the "New Italian Economic Geography". *European Planning Studies,* 10(4), 439-447. https://doi.org/10.1080/09654310220130167

Stella, G.A. (2000). *Schei. Dal boom alla rivolta: il mitico Nordest*. Milano: Mondadori.

Storper, M. (1997). *The Regional World: Territorial Development in a Global Economy*. New York: Guilford.

Surubaru, A. (2008). L'industrie roumaine de l'habillement à l'épreuve du temps: entre l'héritage communiste et l'apprentissage capitaliste. *Autrepart,* 4(48), 165-176. https://doi.org/10.3917/autr.048.0165

Toninelli, P.A. (2006). *Storia d'impresa*. Bologna: Il Mulino.

Tilly, C. (1984). *Big structures, large processes, huge comparisons*. New York: Russell Sage Foundation.

Torre, A. & Rallet, A. (2005). Proximity and Localization. *Regional Studies,* 39(1), 47-59. https://doi.org/10.1080/0034340052000320842

Turato, F. (2008). Dietro il paesaggio dell'internazionalizzazione. *Economia e Società Regionale,* 101(1), 5-32.

VeneziePost (2013). Il Nordest non c'è più. In: *Mappe* 1. Retrieved from: http://www.veneziepost.it/

Ward, K. (2010). Towards a relational comparative approach to the study of cities. *Progress in Human Geography,* 34(4), 471-487. https://doi.org/10.1177/0309132509350239

Wilton, R. (1999). Qualitative health research: negotiating life with HIV/AIDS. *Professional Geographer,* 51, 254-64. https://doi.org/10.1111/0033-0124.00162

Nº 69, enero-junio de 2018, pp. 91-106.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO2018.69.06

Investigaciones Geográficas
Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante

Cita bibliográfica: Mancino, M., Adame Martínez, S., Cadena Vargas, E. e Hinojosa Reyes, R. (2018). Marginación y costos de inundación en el Estado de México, México. *Investigaciones Geográficas,* (69), 91-106. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.06

Marginación y costos de inundación en el Estado de México, México

Marginalization and flood costs in the State of Mexico, Mexico

Mariana Mancino[1]
Salvador Adame Martínez[2]
Edel Cadena Vargas[3]
Raquel Hinojosa Reyes[4]

Resumen

El presente trabajo presenta el diseño de un estudio multitemporal, principalmente metodológico, para el cálculo de los daños potenciales tangibles directos producidos por inundaciones en las zonas habitacionales del Estado de México, República Mexicana, a una escala de desagregación detallada como son las secciones electorales. Para lograrlo se calculará el Índice de Marginación a nivel sección electoral y se aplicará una metodología ya existente para el cálculo de daños para el periodo 2000-2012.

La investigación se realizó mediante la utilización de software de cálculos estadísticos y Sistemas de Información Geográfica, para el procesamiento, análisis y representación cartográfica de los datos espaciales.

Palabras clave: Inundaciones; costos económicos; Índice de Marginación; Sistemas de Información Geográfica.

Abstract

This paper presents the design of a multi-temporal study, which is mainly methodological, to calculate the potential tangible direct damage caused by floods in the residential areas of the State of Mexico, Mexico, on a detailed disaggregation scale, such as the electoral sections. In order to achieve this, the Index of Marginalization at the electoral section level will be calculated and an existing methodology to calculate damage for the period 2000-2012 will be applied.

The study was carried out using statistical calculations software and Geographic Information Systems GIS, for the processing, analysis and cartographic representation of spatial data.

Key words: Floods; Economic Costs; Index of Marginalization; Geographic Information Systems.

1. Introducción

El riesgo natural es la posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita sea afectada por un fenómeno natural de rango extraordinario, los cuales son propios de los procesos de la tierra. En este sentido, también se define como la consecuencia territorial de una actuación humana poco acorde con los rasgos del medio donde tiene lugar. Es una infracción que el hombre comete sobre el territorio por

1 Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México, México. mancinomariana@gmail.com
2 Facultad de Planeación Urbana, Universidad Autónoma del Estado de México, México. sadamem@uaemex.mx
3 Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, México. ecadenav@uaemex.mx
4 Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, México. rhinojosar@uaemex.mx

Recepción: 02/09/2017. **Aceptación:** 18/10/2017. **Publicación:** 13/06/2018.

Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

la implantación inadecuada de actividades o asentamientos, la cual no se ajusta, por desconocimiento o imprudencia, a las características físicas del medio (Olcina Cantos y Ayala-Carcedo, 2002).

Estos fenómenos naturales, llamados desastres naturales, al momento que afectan a la sociedad, provocan anualmente daños por valor de miles de dólares. Dichos daños son producidos sobre las viviendas, actividades económicas, infraestructuras públicas y vidas humanas.

La inundación es el proceso natural de desbordamiento del agua fuera del cauce de un curso de agua superficial, tanto natural como artificial, y según Gumiel (2002) es el riesgo natural con mayor capacidad destructiva, produciendo numerosas pérdidas de vidas humanas y daños económicos. Sin embargo, y pese a ello, las inundaciones realizan una importante función, cada vez más patente, en los equilibrios ambientales regionales y locales.

En los últimos años, la investigación de los riesgos naturales ha avanzado con la incorporación de nuevas herramientas de gestión y planificación del territorio. La utilización de los Sistemas de Información Geográfica SIG, es una técnica que aporta datos de utilidad para la realización de estudios relacionados con riesgos naturales y sus consecuencias. Los SIG almacenan, gestionan, manipulan y representan gráficamente cualquier conjunto de datos espacialmente referenciados (Chuvieco Salinero, 2002). Permiten realizar los procedimientos diseñados para el análisis y modelado de estos datos, permitiendo la elaboración de una cartografía síntesis que represente correctamente el fenómeno estudiado.

El estudio específico de las inundaciones y el cálculo económico de sus daños no es una tarea sencilla. La planificación, gestión y mitigación de las zonas con riesgo de inundación está dado por el conocimiento profundo de las cuencas fluviales y los procesos que las generan. Es imprescindible, a nivel local, regional y estatal, la tarea de una adecuada ordenación del territorio, teniendo en cuenta un uso adecuado de las zonas sometidas al riesgo.

En el ámbito internacional, el estudio de las inundaciones como riesgo, es una temática trabajada, tanto la realización de cartografía de riesgos, determinación de zonas inundables, sin embargo, solo algunas de ellas, incorporan la determinación de impactos socioeconómicos. En este aspecto se pueden nombrar estudios como: "Guía metodológica para la elaboración de cartografía de peligrosidad por avenidas e inundaciones" (Instituto Geológico y Minero de España [IGME], 2008); la "Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables" (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente [MAPAMA], 2011). De igual forma, la metodología desarrollada por el Forests, Lands, Natural Resource Operations & Rural Development de British Columbia, Canadá (2011); el método elaborado por el gobierno irlandés (Rivers Agency, 2011), el propuesto por el gobierno francés *"L´approche hydrogeómorphologique en milieux méditeranéens. Une méthode de détermination des zones inondables"* (Direction Régionale de l´Environnement [DIREN] y Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction [DGUHC], 2007); por último, entre otros, a escala latinoamericana, publicado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) el "*Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los Desastres Naturales*" (CEPAL, 2003).

Debido a su situación geográfica, el territorio mexicano se ve afectado por precipitaciones derivadas de diversos fenómenos meteorológicos, durante las cuatro estaciones del año. En los últimos 15 años se ha estimado un promedio anual de daños por inundaciones del orden de 12 mil millones de dólares, sin incluir daños no cuantificables, como la afectación a las condiciones normales de vida y de producción, así como la muerte de aproximadamente mil personas por año (González Álvarez, 2009).

El Estado de México (EDOMEX) es uno de los treinta y dos estados que conforman la República Mexicana, se localiza en el centro del país y limita al norte con los estados de Querétaro e Hidalgo, al sur con los estados de Morelos y Guerrero; al oeste con el estado de Michoacán, al este con los estados de Tlaxcala y Puebla, y rodea a la Ciudad de México CDMX. Con una superficie total de 22 mil.499,95 Km^2, se divide en 125 municipios y su ciudad capital es Toluca (ver figura 1). Cuenta con una población total de 16 millones 187 mil 608 habitantes siendo la entidad más poblada del país (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2015).

Las inundaciones ocurren prácticamente en todo el territorio nacional y, en el caso particular de EDOMEX, los registros de precipitación más elevados, se producen entre los meses de junio a septiembre, con valores de media anual de 900 mm, produciéndose pérdidas económicas elevadas. El tipo de inundación que se producen, principalmente en las zonas urbanas de la zona de estudio, son generalmente pluviales, producidas por la acumulación de algún tipo de precipitación (lluvia, granizo o nieve) en áreas

de topografía plana o cóncava, incapaz de moverse por sí misma, o que han llegado a su máximo nivel de infiltración, en donde la infraestructura para el manejo de las aguas pluviales es deficiente, ejemplo de ello son las inundaciones generadas por tormentas que generan precipitaciones de gran intensidad, corta duración y extensión (Salas Salinas y Jiménez Espinosa, 2013).

Figura 1. Localización y división municipal del Estado de México a escala nacional y regional

Fuente: INEGI. Elaboración propia.

Dichas tormentas, son producidas por precipitaciones convectiva, a las cuales se le suman los efectos orográficos, característicos del centro del país, originados por el Sistema Volcánico Transversal de México. En el caso de las primeras, son el resultado del excesivo calentamiento de la superficie de la tierra. Cuando el aire próximo a la superficie se calienta más que la masa de aire, se produce una elevación de la misma, provocando la condensación donde se libera el calor latente de la vaporización produciendo una mayor elevación de la misma. El aire que se eleva rápidamente puede alcanzar grandes altitudes donde en algunos casos el agua alcanza el punto de congelación generando granizo (Granados Sánchez, *et al.* 2005).

Unos pocos ejemplos de ello, son las inundaciones ocurridas en septiembre de 2012 en los municipios de Nezahualcóyotl (Méndez, 2012); agosto de 2014 en el municipio de Naucalpan (Jiménez Jacinto, 2014); y las más recientes inundaciones en agosto y primeros días de septiembre de 2017 en los municipios de Tlalnepantla y Cuautitlán Izcalli (Victoria, 2017) y Ecatepec de Morelos (Fernández, 2017), entre otros. En forma general, las afectaciones de dichas inundaciones fueron perdidas de bienes dentro de las viviendas, anegamiento de vías de comunicación principal, daños en hospitales y escuelas, etc., todo ello provocado por la rápida saturación de los drenajes profundos y superficiales.

Sin embargo, no existe un cálculo real de las mismas a una escala de trabajo detalla. A nivel municipal, algunos municipios como San Antonio la Isla (Gobierno del Estado de México [GEM] y Ayuntamiento de San Antonio la Isla, 2016), Lerma (GEM y Ayuntamiento de Lerma, 2016) y San Mateo Atenco (GEM y Ayuntamiento de San Mateo Atenco, 2016) entre otros, han realizado los Atlas de Riesgos con conceptos generales y directrices de elaboración que propuso el Gobierno del Estado.

Además, EDOMEX posee un Atlas de Inundaciones creado por la Comisión de Agua del Estado de México (CAEM), el cual se publica desde el año 2000. En dichos atlas se elabora y publica la cartografía detallada de las zonas inundadas producidas durante el año anterior a la publicación. También se especifican las obras de drenaje realizadas y reincidencia de inundaciones en dichas áreas.

El análisis económico de los daños producidos por una inundación resulta de gran importancia en la administración de riesgos, ya que las aseguradoras pueden categorizar las zonas de mayor susceptibilidad y con ello establecer el monto de las primas, las cuales son utilizadas por los bancos para realizar análisis de la valuación de las propiedades (Baró Suarez, *et al.*, 2012). Además, a escala local, este tipo de análisis es decisivo, ya que las entidades gubernamentales, tanto municipales como estatales, son las que deben tomar la decisión e implementación de medidas preventivas, elaboración de un sistema de alerta temprana, ordenación del territorio y medidas post desastre de las zonas afectadas.

No obstante, para contar con un sistema de análisis del valor de las propiedades afectadas, se requeriría del acceso a las bases de datos catastrales, que son confidenciales, y que además tienen sistemas de clasificación diferente de estado a estado, y de municipio a municipio. Por ello la única posibilidad es utilizar un criterio de estratificación nacional, es el Índice de Marginación (IM), que si bien es cierto no incluye los valores catastrales, si permiten estimar el nivel de bienestar de la población, e incluso algunos bienes. De ahí que, dicho índice haya sido utilizado como criterio estándar para la estimación de los costos por inundación.

Los estudios realizados anteriormente como el de Baró Suarez, *et al.* (2012) y Ceballos Bernal, Baró Suárez y Díaz Delgado (2016), los estudios de cálculos, estimación y determinación de daños económicos por inundación en el Estado de México, no poseen el detalle aquí analizado, ya que se realizaron a través de AGEB`s. De ahí que el uso de este nivel de detalle, y precisión, representa un aporte importante para esta temática.

Por ello, se planteó las siguientes hipótesis: la primera es que, a través del cálculo del IM a un nivel espacial de detalle, como son las secciones electorales, permitirá que la estimación de daños potenciales tangibles directos por inundación se realice con una mayor precisión, y de esta manera, determinar cuáles son los municipios del Estado de México con mayores afectaciones económicas y sociales; la segunda es que, por la naturaleza del EDOMEX, las mayores inundaciones y costos deberán ubicarse en los municipios donde el grado de marginación es Bajo y Muy bajo.

Para lograrlo, el objetivo principal de la presente investigación fue diseñar una metodología de cálculo de costo de inundación en zonas habitacionales por sección electoral en el Estado de México, a través del cálculo del IM por sección electoral a escala nacional, la determinación de las secciones electorales que fueron afectadas por inundaciones en el periodo 2000-2012, y, por último, estimación el costo de daño en zonas habitacionales según su GM por sección electoral.

2. Metodología

La elaboración del presente trabajo se realizó en cuatro fases consecutivas que se describen a continuación:

2.1. Cálculo del Índice de Marginación por sección electoral

El IM fue creado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) con la finalidad de disponer de un indicador comparable en todo el territorio nacional. Se basa en el cálculo de indicadores socioeconómicos, a partir de diferentes variables censales, que permiten medir formas de la exclusión social, indicando el nivel relativo de privación en el que se encuentra la población. Dicha medida es análoga al Índice de Rezago Social IRS del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) y al Índice de Desarrollo Humano (IDH) elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (CONEVAL, 2016; PNUD, 2016).

Además de medir la exclusión social, el IM permite establecer una ordenación entre las unidades de observación como son los estados, municipios, localidades y Áreas Geoestadísticas Básicas AGEB's. Estos 4 índices se encuentran disponibles, de forma gratuita, en la página web oficial del CONAPO (2012).

Según la metodología propuesta por este organismo para la generación del IM se deben seleccionar variables, cuya expresión empírica tengan un claro referente conceptual como indicadores de la margi-

nación social. Dichas variables deben ser conforme a los resultados del *Censo de Población y Vivienda*, realizado por el INEGI (2010).

El diseño del IM permite agrupar las unidades de análisis en cinco conjuntos diferenciados, de acuerdo con la síntesis de las formas de exclusión social. A través de la aplicación de un método estadístico, se divide el IM en cinco estratos, o grados, mediante cuatro puntos de corte. De esta manera, las unidades espaciales de análisis tendrán Muy bajo, Bajo, Medio, Alto o Muy alto grado de marginación GM, según el intervalo en que se ubique el valor de su índice. La técnica estadística utilizada para el cálculo del IM es el de Componentes Principales, que según Pérez (2005), es una técnica de análisis estadístico multivariante, que se clasifica entre los métodos de simplificación o reducción de la dimensión. Se aplica cuando se dispone de un conjunto elevado de variables con datos cuantitativos estandarizados para obtener un menor número de variables, que se denominan componentes principales o factores. Su simplificación permitirá un análisis más simple del problema estudiado. La aplicación es directa sobre cualquier conjunto de variables sin que el investigador haya previamente establecido jerarquías entre ellas, ni necesite comprobar la normalidad de su distribución.

La estratificación de las unidades se realiza mediante el Método de Estratificación Óptima desarrollada por Dalenius y Hodges, la cual consiste en la formación de estratos de manera que la varianza obtenida sea mínima para cada uno de ellos (Cochran, 1977).

En cuanto a la escala de detalle, el cálculo se realizó a nivel de secciones electorales, lo cual permitirá que el cálculo de daños potenciales tangibles directos por inundación se realice con una mayor precisión. Según el Instituto Nacional Electoral (INE) (2017), la sección electoral es la unidad básica para la organización electoral, cuyo criterio de creación tiene como mínimo 50 electores y 1.500 como máximo. Este nivel de desagregación incluye tanto a zonas urbanas como rurales a nivel nacional, contando con más de 68.000 elementos espaciales, a diferencia de las AGEB`s que solo contiene las áreas urbanas y cuenta con 56.000 unidades de análisis.

El cálculo del IM, se llevó a cabo a través de la creación y diseño de una base de datos estadística para el cálculo del IM por sección electoral. El cálculo de los indicadores y construcción del índice se realizó a nivel nacional para las 67.946 secciones electorales, de las cuales solo se retomaron los resultados para el Estado de México, con un total de 5.921 secciones electorales con su respectivo IM.

Caber señalar que el INE y el INEGI, en el año 2005, pusieron a disposición el producto denominado *Estadísticas Censales a escalas Geoelectorales*, que en ese año utilizó la información del conteo de población y en 2010 la del censo. Desde el año 2000, aunque no de manera pública, el INEGI contaba con censos y conteos a nivel de manzana, de difícil acceso. Aun cuando el nivel mínimo de desagregación es la manzana, no fue posible calcular el IM, ya que, con un análisis de valores perdidos, el número de ellos excedía el promedio máximo requerido. En contraste, las *Estadísticas Censales a Escalas Geoelectorales* arrojaron un porcentaje de 3 % de valores perdidos a nivel nacional y un valor cercano a 0% en el Estado de México. Por ello, se determinó realizar la investigación y calcular el IM con dicha base.

La metodología utilizada para el cálculo del IM por sección electoral es la propuesta por el CONAPO. Para su cálculo se utilizaron ocho indicadores relacionados con la exclusión social en México, a partir de 16 variables a nivel nacional y estatal (ver tabla 1). Cabe aclarar que el termino derechohabiencia hace referencia, en México, al derecho de las personas a recibir servicios médicos en instituciones de salud pública o privadas, como resultado de una prestación laboral, adquisición de un seguro médico o por familiar designado (INEGI, 2017).

El cálculo de los ocho indicadores según las variables seleccionadas, utilizando los nemónicos del INEGI, fueron:

- Indicador 1- Porcentaje de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela 2010: Población de 6 a 11 años que no asiste a la escuela (p6a11_noa) más Población de 12 a 14 años que no asiste a la escuela (p12a14noa) entre Población de 6 a 11 años (p_6a11) más población de 12 a 14 años (p_12a14) por 100.
- Indicador 2- Porcentaje de población de 15 años o más sin educación básica completa 2010: Población de 15 años y más sin escolaridad (p15ym_se) más, Población de 15 años y más con primaria incompleta (p15pri_in) más, Población de 15 años y más con secundaria incompleta (p15sec_in) entre Población de 15 años y más (p_15ymas) por 100.

- Indicador 3 - Porcentaje de población sin derechohabiencia a los servicios de salud 2010: Población sin derechohabiencia a servicios de salud (psinder) entre Población total (pobtot) por 100.
- Indicador 4 - Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin agua entubada dentro de la vivienda 2010: Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda (vph_aguafv) entre Total de viviendas particulares habitadas (tvivparhab) por 100.
- Indicador 5- Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin drenaje conectado a la red pública o fosa séptica 2010: Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje (vph_nodren) entre Total de viviendas particulares habitadas (tvivparhab) por 100.
- Indicador 6 - Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin excusado con conexión de agua 2010: Viviendas particulares habitadas (tvivparhab) menos Viviendas particulares habitadas que disponen de excusado o sanitario (vph_excsa) entre Viviendas particulares habitadas (tvivparhab) por 100.
- Indicador 7 - Porcentaje de viviendas particulares habitadas con piso de tierra 2010: Viviendas particulares habitadas con piso de tierra (vph_pisoti) entre Total de viviendas particulares habitadas (tvivparhab) por 100.
- Indicador 8 - Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin refrigerador 2010: Total de viviendas particulares habitadas (tvivparhab) menos Viviendas particulares habitadas que disponen de refrigerador (vph_refri) entre Total de viviendas particulares habitadas (tvivparhab) por 100.

Tabla 1. Variables e indicadores utilizados para la elaboración del Índice de Marginación por sección electoral 2010

Número de Indicador	Indicadores socieconomicos calculado	Variables censales para el cálculo del indicador	
I 1	Porcentaje de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	Población de 6 a 11 años que no asiste a la escuela Población de 12 a 14 años que no asiste a la escuela	➡ Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela
		Población de 6 a 11 años Población de 12 a 14 años	➡ Poblacion de 6 a 14 años
I 2	Porcentaje de población de 15 años o más sin educación básica completa	Población de 15 años o más Población de 15 años y más sin escolaridad Población de 15 años y más con primaria incompleta Población de 15 años y más con secundaria incompleta	
I3	Porcentaje de población sin derechohabiencia a los servicios de salud	Población sin derechohabiencia a servicios de salud Población total	
I 4	Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin agua entubada dentro de la vivienda	Total de viviendas particulares habitadas Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	
I5	Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin drenaje conectado a la red pública o fosa séptica	Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje Total de viviendas particualres habitadas	
I6	Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin excusado con conexión de agua	Viviendas particulares habitadas que disponen de excusado Total de viviendas particulares habitadas	➡ Viviendas particulares habitadas que no disponen de excusado o sanitario
I7	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con piso de tierra	Viviendas particulares habitadas con piso de tierra Total de viviendas particualres habitadas	
I8	Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin refrigerador	Viviendas particulares habitadas que disponen de refrigerado Total de viviendas particualres habitadas	➡ Viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador

Fuente: *Estadísticas Censales a escala Geoelectorales 2010* INE/INEGI. Elaboración propia.

Una vez calculados los ocho indicadores se analizaron los datos a través de la técnica de Análisis de Componentes Principales. Todos los cálculos estadísticos se llevaron a cabo con el software IBM SPSS Statistics Base 22. Cabe destacar que dicho programa estadístico es apto para la elaboración de este tipo de cálculos y compatible con el formato dBase (.dbf) el cual forma parte de la estructura de los archivos vectoriales Shape (.shp) utilizados por los SIG, permitiendo la compatibilidad entre la información numérica y espacial.

Una vez calculado el índice, la varianza total explicada en el segundo componente fue de 65.3%, lo que valida dicha medida. De los indicadores utilizados, el porcentaje de población de 15 años y más sin educación básica completa y el porcentaje de viviendas particulares habitadas sin refrigerador, son los que explican mayoritariamente el comportamiento del índice.

Una vez aplicado el Análisis de Componentes Principales, se utilizó el Método de Estratificación Óptima desarrollada por Dalenius y Hodges, los cuales fueron clasificados en cinco categorías por grados de marginación GM para una mejor interpretación y representación (ver tabla 2).

Tabla 2. Categorización del Índice de Marginación por Sección electoral 2010

Valores de Índice de Marginación	Grado de Marginación
-1,5 a -1,15	Muy bajo
-1,15 a -0,39	Bajo
-0,39 a -0,017	Medio
-0,017 a 0,73	Alto
0,73 a 2,25	Muy alto

Elaboración propia.

2.2. Determinación de secciones electorales inundadas

Se determinaron las secciones electorales inundadas en el periodo de estudio (2000-2012) a partir de los polígonos de inundación digitalizados por la CAEM escala 1:10,000, y en superposición con la cartografía del INE/INEGI 2010 correspondiente a las secciones electorales del Estado de México.

A través de geoprocesamientos con un SIG, se realizó la unión de trece capas de polígonos de inundación para determinar el área total de inundación y porcentaje de área inundada para cada sección electoral. Posteriormente, superponiendo la capa resultante con la capa base de secciones electorales, se determinaron cuáles fueron las secciones electorales que fueron afectadas por las inundaciones, se calculó el área inundada, el porcentaje de territorio inundado para cada uno de los municipios de este estado.

Además, se asignó el IM a través de la unión de tablas para cada una de ellas, quedando cada sección electoral inundada dentro de una de las cinco categorías de estratificación del IM. Además, en la tabla de atributos final (Polígonos de inundación, área inundada por sección electoral, IM y GM) se añadieron dos variables censales, promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas y totales de viviendas particulares habitadas.

2.3. Estimación de costos por daños potenciales tangibles directos

Finalmente, se calcularon los daños potenciales tangibles directos de las inundaciones en las zonas habitacionales del Estado de México a través de las ecuaciones propuestas en la metodología de Baró Suarez, *et al.* (2012) (ver tabla 3). Las ecuaciones de IM Medio, Bajo y Muy Bajo de viviendas de dos plantas no se aplicaron en este estudio, ya que esta información no es brindada por el Censo de Población y Vivienda INEGI, 2010.

El resultado, en cantidad de salarios mínimos diarios de 2013, fue multiplicado por lo establecido por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI) de ese año. Según este organismo, en el Estado de México, se perciben dos tipos de salarios mínimos, el correspondiente al Área Geográfica A, compuesta por 8 municipios con un salario mínimo diario de 67.29 pesos de 2013, y los restantes 117 municipios localizados en el Área Geográfica B, con un salario mínimo diario de 63.77 pesos, dando como promedio de 65.53 pesos diarios para la totalidad del estado.

Tabla 3. Ecuaciones de costos máximos, mínimos y más probables por inundación en función del IM por AGEB´s según GM Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo

Indices de Marginación	Ecuaciones	R2
Muy Alto	DDHmáx= 247,63 Ln(h)+668,44	0,82
	DDHmin= 141,36 Ln(h) +382,45	0,72
	DDHmp= 156,92 Ln(h) +424,33	0,74
Alto	DDHmáx= 289,63 Ln(h)+801,56	0,85
	DDHmin= 228,58 Ln(h)+637,93	0,80
	DDHmp= 280,51 Ln(h)+777,60	0,84
Medio	DDHmáx= 709,63 Ln(h)+1976,04	0,88
	DDHmin= 544,93 Ln(h)+1546,60	0,83
	DDHmp= 685,51 Ln(h)+1931,15	0,87
Bajo	DDHmáx= 877,28 Ln(h)+2479,23	0,88
	DDHmin= 797,24 Ln(h)+2233,19	0,85
	DDHmp= 865,56 Ln(h)+2443,20	0,87
Muy Bajo	DDHmáx= 1521,80 Ln(h)+4051,63	0,92
	DDHmin= 1210,14 Ln(h)+3321,20	0,87
	DDHmp= 1255,78 Ln(h)+3428,17	0,88

R 2: Coeficiente de determinación
DDHmax: Daños directos en zona habitacional Costo máximo
DDHmin: Daños directos en zona habitacional Costo mínimo
DDHmp: Daños directos en zona habitacional Costo más probable
h: altura de la lámina de agua

Fuente: Baró Suarez, et al., 2012. Elaboración propia.

De esta forma, mediante la metodología usada, se obtuvieron los costos económicos más probables de daños potenciales directos tangibles por inundación en las zonas habitacionales del Estado de México en el periodo 2000-2012.

La cuarta y última fase de trabajo fue la representación cartográfica, desarrollada en un ambiente SIG. En la presente investigación, solo se presenta la cartografía, a manera de resumen, de la localización de los municipios con resultados de mayor relevancia.

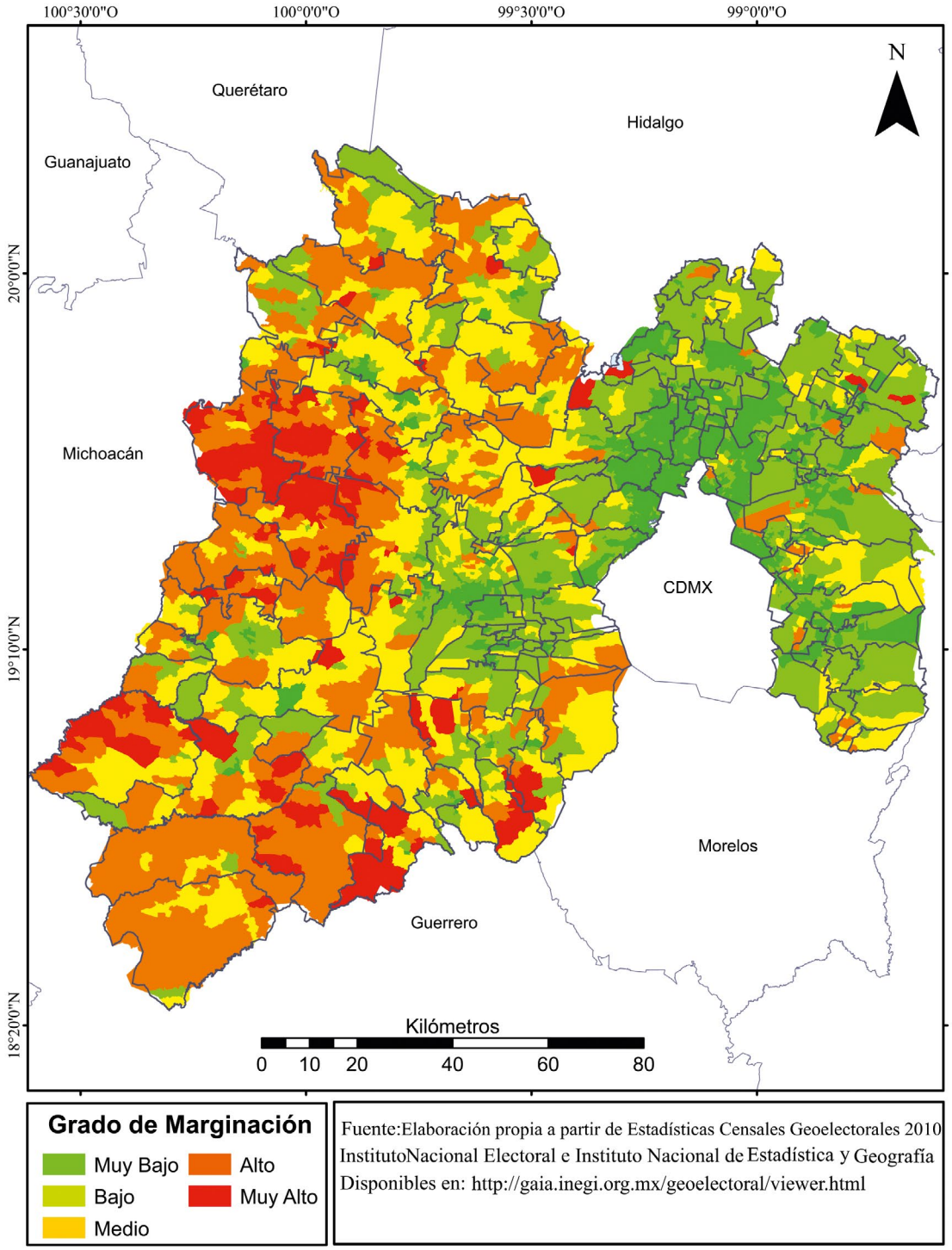
3. Resultados

3.1. Índice de Marginación por sección electoral 2010 en el Estado de México

Según la estimación realizada para el IM por sección electoral 2010 para el Estado de México, se puede observar en la cartografía (ver figura 2), representado según los grados de marginación, que existe una concentración de GM Muy Alto y Alto en el sector oeste y suroeste del estado, con ciertas entidades aisladas en la porción centro y este de dicha entidad. Los GM de Medio, Bajo, y Muy bajo se concentran en el noreste y centro.

Respecto de los tres últimos GM, se observa que en la zona noreste hay una concentración en forma de anillo alrededor de la CDMX. Esto se debe a que doce de los quince municipios de EDOMEX que colindan con esta, como Ecatepec, Naucalpan, Nezahualcóyotl, Tlalnepantla, Tultitlan, etc., forman parte de llamada Zona Metropolitana del Valle de México ZMVM, (décima zona metropolitana más grande del mundo). Se caracterizan por ser homónimos en cuanto a sus características sociodemográficas, con las delegaciones que forman dicha entidad, y, además, corresponden a algunos de los municipios con mayor población del estado con 1.656.107, 833.779, 1.110.565, 664.225 y 524.074 habitantes, respectivamente, según el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010).

Figura 2. Índice de Marginación por sección electoral según grado, 2010



Elaboración propia.

En la zona central de la entidad, también se observa una concentración de GM Bajo, Medio y Muy bajo, correspondiente a los municipios que conforman parte de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, como, por ejemplo, Toluca (ciudad capital del estado), Metepec y Lerma. Además, estas dos zonas corresponden a áreas mayormente urbanas e industriales, a diferencia de zonas con GM Altos y Muy altos que corresponden a municipios donde la mayoría de su superficie está destinada a zonas rurales, principalmente para el cultivo del maíz.

3.2. Superficie inundada, viviendas y personas

La superficie total inundada en el conjunto del estado, según los resultados obtenidos, fue de 283 Km^2. En solo quince municipios hay 188.91 Km^2, 67 % de la superficie total inundada, como se puede ver en la tabla 4 y se representa en la figura 3A.

A continuación, se enlistan y representan la localización. Dentro del contexto estatal, los quince municipios con mayor cantidad de secciones electorales inundadas por GM (ver tabla 5 y figura 3B), cantidad de personas damnificadas (ver tabla 6 y figura 3C) y viviendas afectadas por las inundaciones (ver tabla 7 y figura 3D).

Tabla 4. Municipios con mayor superficie inundada en el Estado de México, 2000-2012

		Cantidad de SE por GM				
Nombre del municipio	Superficie inundada en Km2	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Ixtlahuaca	28,14	4	2	6	9	3
Chimalhuacán	20,51	29	86	2	-	-
Ecatepec de Morelos	20,44	556	82	1	1	-
Nezahualcóyotl	19,55	640	13	-	-	-
Toluca	17,46	164	42	19	8	-
Lerma	12,22	11	18	1	-	-
San Mateo Atenco	9,93	2	9	-	-	-
Tultitlán	8,89	152	6	-	-	-
Teoloyucan	8,27	5	2	-	-	-
Tlalnepantla de Baz	7,58	277	13	-	-	-
Cuautitlán Izcalli	7,38	210	4	-	-	-
Chalco	7,36	18	13	5	2	-
Ixtapaluca	7,22	168	23	5	2	-
Metepec	7,16	59	1	-	-	-
Otzolotepec	6,79	1	5	1	1	-
Superficie total inundada en Km2				188,91		
Superficie total inundada del estado en Km2				282,22		

Elaboración propia.

Tabla 5. Municipios con mayor cantidad de SE inundadas según GM en el Estado de México, 2000-2012

Municipio	Total de SE inundadas	Grado de Marginación por SE 2010				
		Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Nezahualcóyotl	371	360	11	0	0	0
Ecatepec de Morelos	344	315	27	2	0	0
Toluca	135	96	18	11	10	0
Naucalpan de Juárez	133	131	2	0	0	0
Chimalhuacán	125	34	87	2	2	0
Cuautitlán Izcalli	125	122	3	0	0	0
Tlalnepantla de Baz	124	120	3	0	1	0
Ixtapaluca	76	66	6	4	0	0
Tultitlán	73	70	3	0	0	0
Chicoloapan	65	54	10	1	0	0
Coacalco de Berriozábal	61	61	0	0	0	0
Atizapán de Zaragoza	53	52	1	0	0	0
Chalco	52	21	26	3	2	0
Metepec	51	44	7	0	0	0
La Paz	49	45	4	0	0	0

Elaboración propia.

Tabla 6. Municipios con mayor cantidad de población afectada por las inundaciones en el Estado de México, 2000-2012

Nombre del Municipio	Población afectada
Nezahualcóyotl	415.905
Chimalhuacán	330.535
Ecatepec de Morelos	301.370
Chicoloapan	76.697
Cuautitlán Izcalli	76.493
Ixtapaluca	74.042
Tlalnepantla de Baz	65.205
Toluca	60.910
Tultitlán	60.010
Chalco	53.684
La Paz	45.786
Cuautitlán	36.746
Coacalco de Berriozábal	36.429
Atizapán de Zaragoza	35.478
Naucalpan de Juárez	35.019
Total de afectado Estado	2.011.261
Total de población 2010	15.180.000

Elaboración propia.

Tabla 7. Municipios con mayor cantidad de viviendas afectada por las inundaciones según GM en el Estado de México, 2000-2012

Nombre del municpio	Total de viviendas inundadas por municipio	Viviendas inundadas por SE según GM				
		Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Nezahualcóyotl	106.897	102.670	4.227	--	--	--
Chimalhuacán	80.704	14.633	64.530	1.534	7	--
Ecatepec de Morelos	77.123	72.477	4.296	350	--	--
Cuautitlán Izcalli	20.575	20.214	361	--	--	--
Chicoloapan	19.415	18.062	1.350	3	--	--
Ixtapaluca	18.900	16.303	2.140	457	--	--
Tlalnepantla de Baz	17.720	17.560	146	--	14	--
Tultitlán	15.176	14.555	621	--	--	--
Toluca	14.996	11.229	1.126	1.819	822	--
Chalco	12.845	4.029	8.594	184	38	--
La Paz	11.705	11.534	171	--	--	--
Atizapán de Zaragoza	10.126	10.072	54	--	--	--
Coacalco de Berriozábal	9.978	9.978	--	--	--	--
Naucalpan de Juárez	9.781	9.645	136	--	--	--
Cuautitlán	9.726	9.726	--	--	--	--
Total de viviendas inundas en el Estado de México	508.778	379.739	118.635	7.663	1.743	998

Elaboración propia.

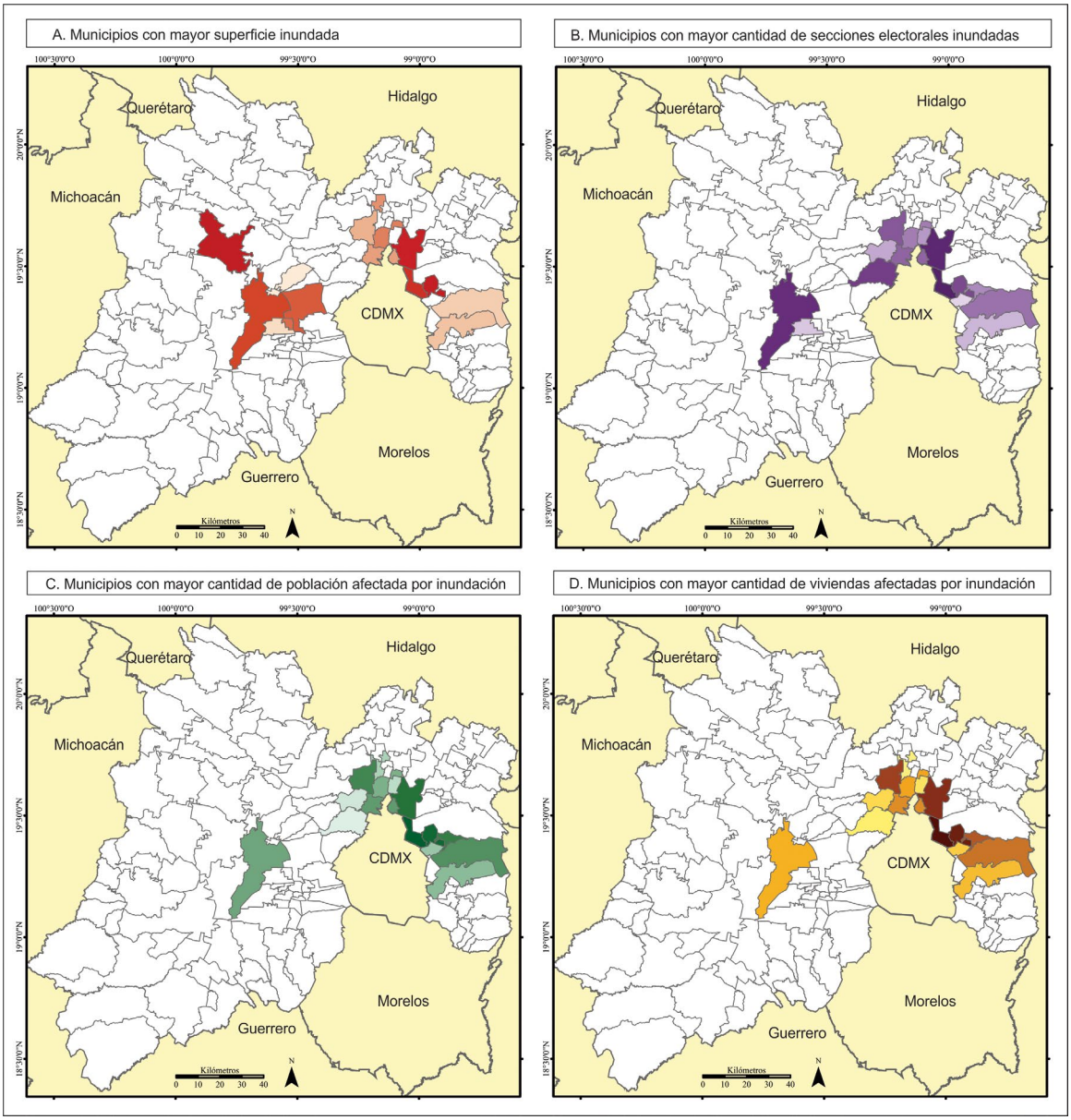
Como se puede observar en las figuras 3A 3B 3C 3D, los municipios con mayor superficie y secciones electorales inundada y cantidad de población y viviendas afectadas por las inundaciones en el periodo 2000-2012, se localizan al centro y centro-este del estado.

Cabe precisar que, según las tablas mencionadas, el listado de municipios de cantidad de viviendas y población afectada es equivalente, pero con distinto orden de relevancia, motivo por el cual se representaron las dos variables. Sin embargo, difieren con el listado de municipios con mayor cantidad de secciones electorales inundadas en el municipio de Metepec y Cuautitlán Izcalli. En el caso de los municipios

con mayor superficie inundada, el listado es disímil con respecto a los anteriores, ya que esta variable no es proporcional a las demás. Las cuatro variables se encuentran representadas en escalas colorimétricas según su orden en la lista, de esta forma, el color más intenso representa el municipio que se encuentra primero, y representando con el color más tenue el que se encuentra en última posición,

Otro de los resultados relevantes de la presente investigación es que, de los 125 municipios que conforman el Estado de México, 76 de ellos se inundaron en el periodo de estudio, es decir el 60% del estado.

Figura 3. Municipios con mayor superficie y secciones electorales inundadas, y personas y viviendas afectadas por la inundación, Estado de México, 2000-2012



Elaboración propia.

3.3. Costos de daños potenciales tangibles directos

En la tabla subsecuente se muestran los costos de daños tangibles directos más probables, máximos y mínimos, cantidad de salarios mínimos y costo en dólares americanos de 2013 en una vivienda según el GM correspondiente y a una altura de la lámina de agua de 0.10 metros (ver tabla 8). Los costos de daños corresponden a valores acumulados en trece años (2000-2012).

Tabla 8. Costos de daños potenciales tangibles directos con una altura de la lámina de agua de 0.10 mts., en Dólares Americanos 2013 para el Estado de México en el periodo 2000-2012

Grado de Marginación	Costo de una vivienda en Salarios Mínimos Altura de la lámina de agua de 0.10 mts			Costo de una vivienda en Dólares Americanos 2013 Altura de la lámina de agua de 0.10 mts			Viviendas inundadas
	Mas probable	Máximo	Mínimo	Mas probable	Máximo	Mínimo	
Muy Bajo	537	548	535	2.636	2.668	2.606	379.739
Bajo	450	459	397	2.211	2.238	1.937	118.635
Medio	335	342	292	1.644	1.668	1.422	7.660
Alto	132	135	112	647	656	544	1.746
Muy Alto	63	98	57	310	479	278	998
						Total	508.778

Elaboración propia.

En la tabla 9, se pueden observar los quince municipios con mayores costos por daños potenciales tangibles directos más probables a una altura de la lámina de agua de 0.10 a 0.50 metros, según la totalidad de las viviendas afectadas de ese municipio en particular, los cuales coinciden con los municipios con mayor cantidad de viviendas afectadas (figura 3D). Al igual que los valores anteriores, los costos de daños corresponden a valores acumulados en trece años (2000-2012) para los municipios seleccionados.

Tabla 9. Costo de daños potenciales tangibles directos más probable por vivienda según altura de lámina de agua (0.10 a 0.50 mts) por municipios en el Estado de México, 2000-2012 (Dólares americanos 2013).

Nombre de Municipio	Viviendas inundadas por SE	Cantidad de salarios minimos	Costo más probable por inundación altura de lámina de agua a 0.10 m	Costo más probable por inundación altura de lámina de agua a 0.20 m	Costo más probable por inundación altura de lámina de agua a 0.30 m	Costo más probable por inundación altura de lámina de agua a 0.40 m	Costo más probable por inundación altura de lámina de agua a 0.50 m
Nezahualcóyotl	106.897	1.899.937	279.991.533	731.451.901	995.545.037	1.182.912.585	1.328.251.875
Chimalhuacán	80.704	1.247.220	183.801.355	440.136.934	590.085.412	696.477.465	778.996.429
Ecatepec de Morelos	77.123	1.364.801	201.129.105	524.508.660	713.677.653	847.888.564	951.994.540
Cuautitlán Izcalli	20.575	366.995	54.083.569	141.579.766	192.762.886	229.075.991	257.243.795
Chicoloapan	19.415	343.375	50.602.776	131.819.053	179.328.551	213.035.432	239.181.472
Ixtapaluca	18.900	328.831	48.459.399	125.542.369	170.633.952	202.625.535	227.440.887
Tlalnepantla de Baz	17.720	316.356	46.621.081	122.148.875	166.330.777	197.676.680	221.991.484
Tultitlán	15.176	269.671	39.741.085	103.806.439	141.283.083	167.871.839	188.496.489
Toluca	14.996	241.658	35.612.801	91.975.843	124.946.715	148.339.044	166.484.043
La Paz	11.705	208.880	30.782.430	80.604.186	109.748.686	130.425.954	146.465.161
Chalco	12.845	203.249	29.952.504	72.973.544	98.139.589	115.995.239	129.844.600
Atizapán de Zaragoza	10.126	180.973	26.669.781	69.895.410	95.181.341	113.121.043	127.036.752
Coacalco de Berriozábal	9.978	178.481	26.302.576	68.967.128	93.924.844	111.631.680	125.366.763
Naucalpan de Juárez	9.781	174.566	25.725.519	67.367.021	91.726.275	109.008.534	122.414.257
Cuautitlán	9.726	173.974	25.638.290	67.225.325	91.552.719	108.812.359	122.200.555

Elaboración propia.

4. Discusión de resultados

Estimar los costos de daños por inundación es no solo una preocupación de orden académico por el reto científico y técnico que implica, sino que es un instrumento de gran utilidad para los tomadores de decisiones. Por ello, la mayor precisión es un horizonte que requiere de contar mejores y mayores insumos, así como el desarrollo o complementación de metodologías al respecto. Además, sería de gran utilidad que este tipo de metodologías fuesen, en primer lugar, la base fundamental para la toma de decisiones, al igual que debieran adaptarse a los distintos contextos de un país, que tiene una gran diversidad climática, económica y social.

La mayor precisión podría lograse, de existir la información por manzana, en virtud de que la sección electoral se compone de un conjunto de manzanas. Mas aun, sería deseable contar con las bases de datos catastrales por predio, pero con un sistema de clasificación estandarizado nacionalmente.

Sin embargo, el uso de las secciones electorales es el primer paso, ya que nos permite hacer estimaciones en pequeñas áreas antes de que suceda el hecho, y no como sucede frecuentemente, como una estimación ex post facto.

Por otro lado, si bien es cierto que la metodología de estimación es un avance considerable en esta dirección, lo cierto es que se requiere su análisis y ajuste a ecuaciones más precisas y adecuadas, dependiendo del tipo de insumo y grado de desagregación de la información disponible.

Además, es justo reconocer que hay un cierto nivel de incertidumbre que es preciso superar, y que se relaciona con el supuesto de que los polígonos de inundación elaborados por el gobierno mexicano estén correctamente elaborados. Dicho escollo podría superarse si es que se dispusiera de alguna técnica de percepción remota que permitiera eliminar este escollo.

En este contexto, es necesario delinear algunas recomendaciones importantes para futuras investigaciones. En primer término, afinar la metodología para el cálculo de costos presentada por Baró Suarez, *et.al.* (2012) ya que en la información censal no existe el registro de la cantidad de niveles que tienen las viviendas, lo cual es un dato relevante. Además, es importante actualizar el costo de los bienes para el cálculo final, ya que van cambiando con el tiempo, además de determinar si otro modelo de regresión estadística se ajusta mejor para la realización de las ecuaciones y curvas de daño.

En cuanto a la escala espacial que se utilizó, podría ser mejorada a través del cálculo de un IM a mayor nivel de detalle como son las manzanas o predios, seleccionando mayor cantidad de variables censales en sus indicadores. De esta manera, se podría lograr mayor precisión en el cálculo de la exclusión social, y el nivel relativo de privación de los beneficios del desarrollo.

De igual forma, seria relevante incluir variables espaciales en la construcción de un índice de marginación, tales como la accesibilidad. Ello porque toda clasificación de la población debe de incluir la posibilidad de acceder fácilmente a ciertos bienes y servicios, sobre todo a quien más lo necesitan. Esto en la literatura especializada le denominan justica espacial, parámetro que parece relevante incorporar.

Por último, es también necesario reconocer que todo modelo es una representación de la realidad, mas no la realidad misma, y que toda estimación, por imprecisa que parezca, es mejor a una especulación o ausencia de un cálculo aproximado.

5. Conclusiones

Si bien es cierto que en México existen planes de ordenamiento territorial, así como normas y regulaciones para la expansión urbana, lo cierto es que dichos planes no se aplican ni los gobiernos de los distintos niveles supervisan ni sancionan la construcción de nuevos asentamientos. El problema más grave radica en que buena parte de la expansión urbana inicia con asentamientos irregulares, en zonas excluidas de los planes de ordenamiento, y que a la larga se convierten en asentamientos regulares. Esto sucede porque los gobiernos de distintos partidos toleran, permiten e inducen este tipo de fenómeno de cambio de votos.

A partir de los resultados obtenidos, es posible concluir que, de los 125 municipios que conforman el Estado de México, 75 de ellos se inundaron en el periodo 2000-2012, es decir el 60% de la totalidad de la entidad. El municipio de Ixtlahuaca debería ser el que reflejara mayores pérdidas económicas en cuantos a los daños tangibles directos, debido a la superficie afectada por las inundaciones en el periodo 2000-2012, sin embargo, los municipios restantes, como Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Ecatepec y Toluca, son lo que reflejan una mayor cantidad de viviendas y población afectada en el conjunto del estado. Por este motivo, los costos de daños son mayores en dichos municipios, sin guardar relación con la mayor superficie afectada. Ya que, por sus características, la mayor parte de las viviendas afectadas se localizan en secciones electorales con un grado de marginación Bajo y Muy Bajo, en virtud que ese es el grado en los municipios que más se inundan.

Continuando con el análisis de los resultados del IM por sección electoral 2010, se puedo observar que la mayoría de las zonas de EDOMEX que poseen un GM Muy Alto y Alto, no coinciden con los municipios en los que se han presentado mayor cantidad de inundaciones en el periodo 2000-2012, según las publicaciones de los Atlas de Inundaciones de la CAEM, por este motivo, las perdidas económicas fueron mayores a las que se esperaban si las inundaciones se daban en zonas de menor IM.

La estimación de los costos de daños potenciales tangibles directos, producidos por las inundaciones, es de suma importancia para la realización de un adecuado plan de ordenación territorial a través de la correcta planificación y gestión del riesgo. Además, es una herramienta útil para la toma de decisiones por

parte, tanto de los gobiernos locales y estatales; además de ser de gran utilidad para el Fondo Nacional de Desastres Naturales de México (FONDEN).

La utilización de los Sistemas de Información Geográfica es imprescindible para este tipo de análisis, tanto como para la homogenización, análisis, procesamiento de la información, así como para su representación final.

Su utilización nos da una visión más clara y precisa de las espacialidad y distribución de los hechos, en el caso específico de esta investigación, la representación del GM nos indica zonas homogéneas, donde luego, a través de la determinación de las zonas inundables, se pudieron realizar las estimaciones de daños concretamente, pero además, se pueden determinar, según los indicadores construidos, otros patrones socioeconómicos que se pueden utilizar para otros estudios relacionados, como el estado general de las viviendas, el cual puede ser útil para la construcción de índices de vulnerabilidad.

De esta manera se verifican las hipótesis que se plantearon al inicio de la investigación, y, de igual forma, se cumplieron los objetivos tanto principal como secundarios.

Referencias

Baró Suárez, J. E., Díaz-Delgado, C., Calderón, G., Esteller, V., Cadena, E. y Franco R. (2012). *Metodología para la valoración económica de daños potenciales tangibles directos por inundación*. México: Universidad Autónoma de Estado de México.

Ceballos Bernal, A.I., Baró Suárez, J. E., Díaz-Delgado, C. (2016). Estimación de pérdidas económicas directas provocadas por inundación. Aplicación de las curvas inundación-daños en países en desarrollo. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, 169-180. https://doi.org/10.14198/INGEO2016.65.10

Chuvieco Salinero, E. (2002). *Teledetección ambiental:* la observación de la Tierra desde el espacio. Barcelona: Ariel.

Cochran, W. (1977). *Técnicas de muestreo*. México: Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.

Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) (2000-2012). Atlas de inundaciones del Estado de México. Recuperado de http://caem.edomex.gob.mx/atlas_de_inundaciones

Comisión Económica para América Latina (CEPAL) (2003). *Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los Desastres*. Serie Medio Ambiente y Desarrollo., Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) (2016). Índice de Rezago Social *2015 a nivel nacional, estatal y municipal*. México: CONEVAL. Recuperado de: http://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/

Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2012). *Índice de marginación por localidad 2010*. México: CONAPO Colección Índices Sociodemográficos. Recuperado de http://www.conapo.gob.mx/

Direction Régionale de l´Environnement (DIREN) y Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction (DGUHC) (2007). *L´approche hydrogeómorphologique en milieux méditeranéens. Une méthode de détermination des zones inondables*. Recuperado de: www.paca.ecologie.gouv.fr y www.equipement.gouv.fr

Fernández, E. (31/08/2017). Por lluvias se desborda Gran Canal de Ecatepec. *Periódico El Universal*. Recuperado de: http://www.eluniversal.com.mx/metropoli/edomex/por-lluvias-se-desborda-gran-canal-en-ecatepec

Forests, Lands, Natural Resource Operations & Rural Development (2011). *Coastal Floodplain Mapping – Guidelines and Specifications*. British Columbian: KWL.

Gobierno del Estado de México (GEM) y Ayuntamiento de San Antonio la Isla. (2016). *Atlas municipal de Riesgos San Antonio la Isla*. Estado de México: Dirección General de Protección Civil del Estado de México (DGPCEM). Recuperado de: http://sanantoniolaisla.gob.mx/

Gobierno del Estado de México (GEM) y Ayuntamiento de San Mateo Atenco. (2016). *Atlas municipal de Riesgos San Mateo Atenco*. Estado de México: (DGPCEM). Recuperado de: http://www.sanmateoatenco.gob.mx/

Gobierno del Estado de México (GEM) y Ayuntamiento de Lerma. (2016). *Atlas municipal de Riesgos Lerma*. Estado de México: (DGPCEM). Recuperado de: http://www.lerma.gob.mx/

González Álvarez, J. (2009). Inundaciones en zonas urbanas y formas de mitigación. *Rizoma, revista de la agencia para la planeación del desarrollo urbano de Nuevo León*. Recuperado de http://www.nl.gob.mx./

Granados Sánchez, D., Hernández García, M.A. y López Ríos, F. (2005). *La cuenca hidrológica: unidad ecológica de manejo*. México: Universidad Autónoma de Chapingo (UACH).

Gumiel, P. (2002). Utilidad de los fractales en la prevención de los riegos naturales. Su aplicación en sismicidad, deslizamientos e inundaciones. En F. J. Ayala Carcedo, y J. Olcina Cantos. (Coords). *Riesgos Naturales* (pp. 173-192). Barcelona: Ariel.

IBM–SPSS Statistic Base 22. (2012). *Manuales de aprendizaje*. New York: IBM Corporation.

Instituto Geológico y Minero de España (IGME) (2008). *Guía metodológica para la elaboración de mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones*. Serie Riesgos Geológicos/Geotecnia N°1. Madrid: IGME.

Instituto Nacional Electoral (INE) (2017). *Marco Geográfico Electoral, geografía electoral y cartografía*. México: INE. Recuperado de: http://cartografia.ife.org.mx/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. México: INEGI. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). *Marco Geoestadístico versión 5.0*. México: INEGI. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). *Nota técnica. Estratificación Multivariada*. México: INEGI. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). *Estadísticas Censales a Escalas Geoelectorales 2010*. Recuperado de http://gaia.inegi.org.mx/geoelectoral/viewer.html

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2013). *Informe estadístico sobre Riesgos Naturales en México*. México: INEGI. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015). *Encuesta Intercensal 2015*. México: INEGI. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2017). *Glosarios de aspectos normativos y metodológicos*. México: INEGI. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/aspectosmetodologicos/glosarios/

Jiménez Jacinto, R. (31/08/2014). Lluvia deja inundaciones en Naucalpan, no hay lesionados. *Periódico El Universal*. Recuperado de: http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2014/inundaciones-naucalpan-lluvias-1034424.html

Méndez, E. (19/09/2012). Inundaciones los dejan sin nada. *Periódico El Universal*. Recuperado de: http://www.eluniversaledomex.mx/nezahualcoyo/nota32312.html

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) (2011). *Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*. Madrid: Dirección General del Agua.

Olcina Cantos, J. y Ayala-Carcedo, F. J. (2002). Riesgos Naturales. Conceptos fundamentales y clasificación. En F. J. Ayala Carcedo y J. Olcina Cantos. (Coords). *Riesgos Naturales* (pp. 41-73). Barcelona: Ariel.

Pérez, C. (2005). *Técnicas de estadística con SPSS 12. Aplicaciones al análisis de datos*. Madrid: Ed. Pearson Educación.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2016). Índice de Desarrollo Humano. Nueva York: PNUD. Recuperado de: http://hdr.undp.org/en/2016-report

Rivers Agency, Department of Agriculture and Rural Development (2011). *Preliminary Flood Risk Assessment and Methodology for the Identification of Significant Flood risk Areas*. Reino Unido, Irlanda. Recuperado de: http://www.dardni.gov.uk/final-pfra-report.pdf

Salas Salinas, M.A. y Jiménez Espinosa, M. (2013). *Inundaciones*. Serie Fascículos Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y Secretaria de Gobernación. México: CENAPRED.

Victoria, E. (29/08/2017). Al menos 300 viviendas afectadas por inundaciones en Tlalnepantla y Cuautitlán Izcalli. *Periódico El Financiero*. Recuperado de: http://www.elfinanciero.com.mx/nacional/al-menos-300-vivendas-afectadas-por-inundaciones-en-tlalnepantla-y-cuautitlan-izcalli.html

Nº 69, january-june of 2018, pp. 107-118.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO2018.69.07

Investigaciones Geográficas
Interuniversity Institute of Geography
University of Alicante

To cite this article: Cardoso, R.S. & Amorim, M.C.C.T. (2018). Urban heat island analysis using the 'local climate zone' scheme in Presidente Prudente, Brazil. *Investigaciones Geográficas,* (69), 107-118. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.07

Urban heat island analysis using the 'local climate zone' scheme in Presidente Prudente, Brazil[1]

Análisis de la isla de calor urbano utilizando el sistema de 'zona climática local' en Presidente Prudente, Brasil

Renata dos Santos Cardoso[2]
Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim[3]

Abstract

Although urban heat islands (UHIs) have been widely studied, a recent climate-based classification of urban and rural landscapes provides a new framework for UHI researchers. Based on the Local Climate Zone (LCZ) system, we studied heat islands in a tropical city, analysing the effects of urban morphology and surface cover on UHI intensity. Mobile measurements were taken in Presidente Prudente, São Paulo, Brazil, on five winter evenings (June and July 2014). Observed temperatures across the city show compact built zones with higher temperatures, followed by open midsize, lightweight low-rise, and low plants zones. A maximum nocturnal temperature difference of more than 5°C was detected between areas with significant differences in physical characteristics ($\Delta T_{\text{LCZ 24–D}}$), whereas average inter-zone thermal differences reached 3.8ºC ($\Delta T_{\text{LCZ 3–D}}$).

Keywords: Urban climate; urban heat island intensity; mobile traverses; tropical city.

Resumen

Aunque las islas de calor urbano (ICU) han sido ampliamente estudiadas, una reciente clasificación climática de los paisajes urbanos y rurales proporciona un nuevo marco para los investigadores de las ICU. Con base en el sistema de Zona Climática Local (LCZ), hemos investigado las islas de calor en una ciudad tropical, analizando los efectos de la morfología urbana y de los usos del suelo sobre la intensidad de la ICU. Las mediciones se han realizado en Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, durante cinco noches de invierno (junio y julio de 2014). Las temperaturas observadas han mostrado zonas construidas compactas con temperaturas más altas, seguidas de zonas abiertas de media elevación, compacta poco consolidada de baja elevación y zonas de matorral. Se ha detectado una diferencia de temperatura nocturna máxima de más de 5°C entre las zonas con grandes contrastes en sus características físicas ($\Delta T_{\text{LCZ 24-D}}$), mientras que las diferencias medias entre las zonas alcanzaron los 3,8ºC ($\Delta T_{\text{LCZ 3-D}}$).

Palabras clave: Clima urbano; intensidad de la isla de calor urbano; medidas móviles; ciudad tropical.

1. Introduction

Climate studies in tropical regions are relatively recent, although urban climate research has grown considerably over the past decades. In Brazil, Monteiro (1976) wrote a pioneering work proposing a theoretical frame of reference (Urban Climate System) based on a systemic analysis and space-time in-

1 The paper is based upon research supported by the São Paulo Research Foundation (FAPESP) under Grant No. 2013/02057-0.
2 Department of Geography, São Paulo State University (UNESP), Presidente Prudente, São Paulo, Brazil. renatacardoso16@gmail.com
3 Department of Geography, São Paulo State University (UNESP), Presidente Prudente, São Paulo, Brazil. mccta@fct.unesp.br

Received: 05/19/2017. **Accepted:** 03/02/2018. **Published:** 06/13/2018.

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

terrelations. In this method, the urban climate is defined as "a system that encompasses the climate of a given terrestrial space and its urbanization" (Monteiro, 1976, p. 95).

In the Brazilian scenario, we can also highlight studies conducted by Tarifa (1977), Lombardo (1985), Mendonça (1994), Pitton (1997), Collischonn (1998), Amorim (2000, 2017), Sant'Anna Neto (2002), Dumke (2007), Ugeda Junior (2012), Alexandre (2013), Ortiz Porangaba (2015), among others. These studies sought to analyze and explain the origins and effects of urban climate phenomena, and propose prevention or mitigation strategies. As the studies reveal, the way human beings inhabit cities is evidence that environment conditions have been increasingly modified to adapt to human intentions. Furthermore, population growth without adequate urban planning that prioritizes social and environmental aspects has negatively affected the urban thermal climate and inhabitant health.

To understand the effects of urbanization on the urban canopy layer, Oke (2004) pointed out characteristics that need to be assessed, such as urban structure, surface cover, urban fabric, and urban metabolism. The combination of such factors modifies local energy and water balances, creating climate conditions that differ from surrounding rural areas and forming urban heat islands (UHI) (Oke, 1987; Arnfield, 2003; Hinkel, Nelson, Klene & Bell, 2003; Voogt, 2004; Grimmond, 2007).

Therefore, to advance urban climate studies, especially those regarding UHIs, it is fundamental to consider detailed information on the differences of sites and land cover to support understanding of the climate derived from different spatial arrangements instead of taking the city as a whole. According to Mendonça (2003), the basis for intraurban climate differentiation consists of "the cartographic base and geographic knowledge of the city, and its sectorization or division into parts with relatively homogeneous characteristics." (p. 99).

Based on that, the purpose of this study was to analyze the UHI phenomenon during a winter period in Presidente Prudente, São Paulo, Brazil, classifying its different landscape patterns. The city has a great heterogeneity of landscapes in a small area, built surfaces with different thermal properties, reduced vegetation cover, and a high anthropogenic heat flux that has been associated with heat islands with intensities of up to 10°C (Amorim, Dubreuil & Cardoso, 2015; Cardoso, 2015).

Among the classification systems found in the urban climate literature (Chandler, 1965; Auer, 1978; Ellefsen, 1990; Oke, 2004), we opted for Local Climate Zones (LCZ) by Stewart (2011). LCZ was developed as a classification system aimed at standardizing heat island studies in all cities and was the first climate-based classification of urban and rural landscapes for heat island researchers (Stewart, 2011). Zone names are quantifiable and not specific to time, culture, or location, and each zone represents an area that is local in scale and unique in land cover, building morphology, and thermal climate.

The landscape is represented by 17 LCZs, and the zones are named and ordered by one or more surface property. In most cases, this refers to the height and arrangement of the roughness of objects. Thus, this new classification leads to a more significant interpretation of UHI intensity through the temperature differences between LCZs ($\Delta T_{\text{LCZ X–Y}}$) (Stewart, 2011; Stewart & Oke, 2012).

Using local climate zones to map the landscape offers an improvement over the traditional "urban-rural" classification, and it has already been applied in different countries: Collischonn & Mattos (2011) in Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil; Betchel, *et al.* (2012) in Hamburg, Germany; Puliafito, Bochaca, Allende & Fernandez (2013) in Mendoza, Argentina; Lelovics, Gál & Unger (2013) in Szeged, Hungary; Alexander & Mills (2014) in Dublin, Ireland; Middel, Häb, Brazel, Martin & Guhathakurta (2014) in Phoenix, Arizona, United States; Leconte, Bouyer, Claverie & Pétrissans (2015) in Nancy, France.

Besides that, Stewart (2011) emphasized the need to carry out further research with this classification system in other cities, regions, and climates, especially in tropical cities, where data from case studies can contribute to improved design and the geographical characteristics of the system. By proposing more detailed knowledge of different intraurban thermal environments, this preliminary study identified temperatures increasing gradually from vegetated and open zones to compact built ones.

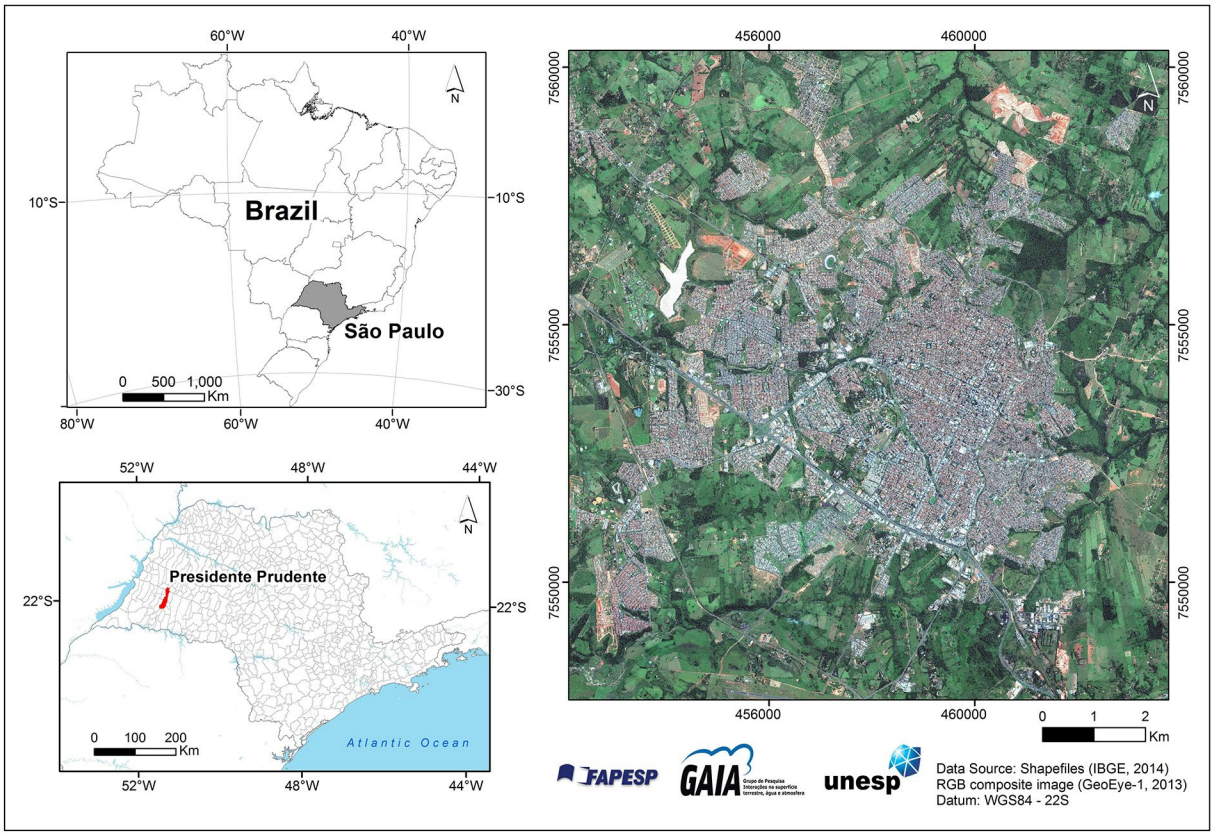
1.1. Study area

Presidente Prudente is a medium-sized city in the western region of São Paulo State, Brazil (figure 1), at 470 m above mean sea level. The city has an estimated population at 223,749, most of whom are living within the urban area, which corresponds to approximately 60 km^2 (Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), 2016).

Since the establishment of the city in 1917, there has been population growth and a consequent increase in land sales. During the 1920s and 1930s, Presidente Prudente was characterized by coffee and cotton production, which eventually contributed to the urbanization of the city due to the installation of cotton processing industries (Abreu, 1972).

From the 1950s to the 1970s, the oldest neighborhoods were built, and they currently correspond to densely built areas with scattered trees. By the 1980s and 1990s, residential areas with spaced buildings and vegetation cover were built, extending west of the old core. However, toward the western periphery, most residential areas are characterized by low-income housing. Due to the city's current expansion, this pattern also extends to the northern areas, where houses are built with materials that are not appropriate for the region's climate and thermal comfort (i.e., thin walls and roofs with asbestos-cement sheets or ceramic tile).

Figure 1. Location map of the study area



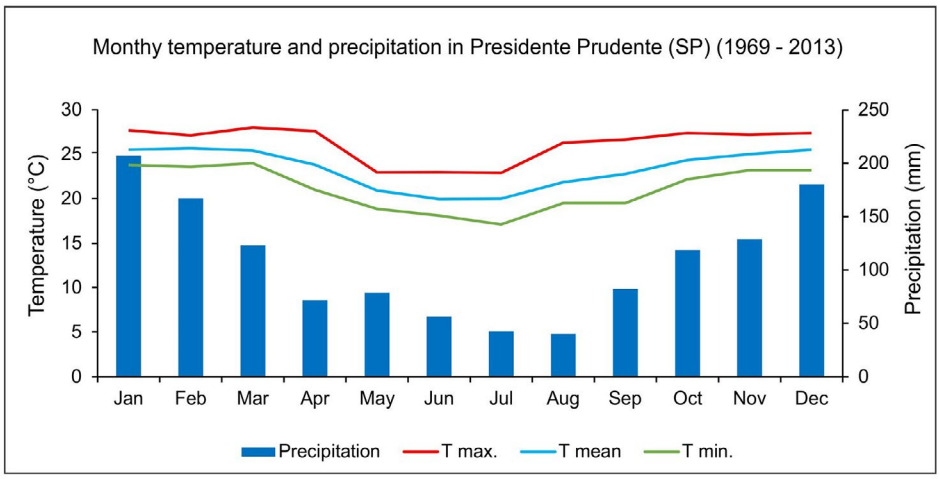
Source: Shapefiles from IBGE (2014); RGB image from GeoEye-1 (2013). Own elaboration.

The city's region is under a tropical climate regime, affected by the Atlantic Tropical mass (aTm), Continental Tropical mass (cTm), Continental Equatorial mass (cEm), and Atlantic Polar mass (aPm), among other atmospheric systems. Tropical systems give the city high temperatures during the spring and summer, whereas extratropical systems in the autumn and winter cause relatively low temperatures (Barrios & Sant'Anna Neto, 1996).

Figure 2 shows average maximum air temperatures up to 28°C typically occurring from October to March, whereas minimum temperatures below 21°C occur from April to September. Throughout these months, precipitation ranges from 115 mm to 207 mm, with December and January being the rainiest months. On the other hand, the season from June to August can be characterized as the driest in Presidente Prudente, with an average rainfall of 60 mm.

In general, the climatic seasonality of the city can be summed up as a warm and rainy season from October to March and a milder and drier one from April to September, when temperatures decrease with the advance of polar masses.

Figure 2. Climograph of Presidente Prudente



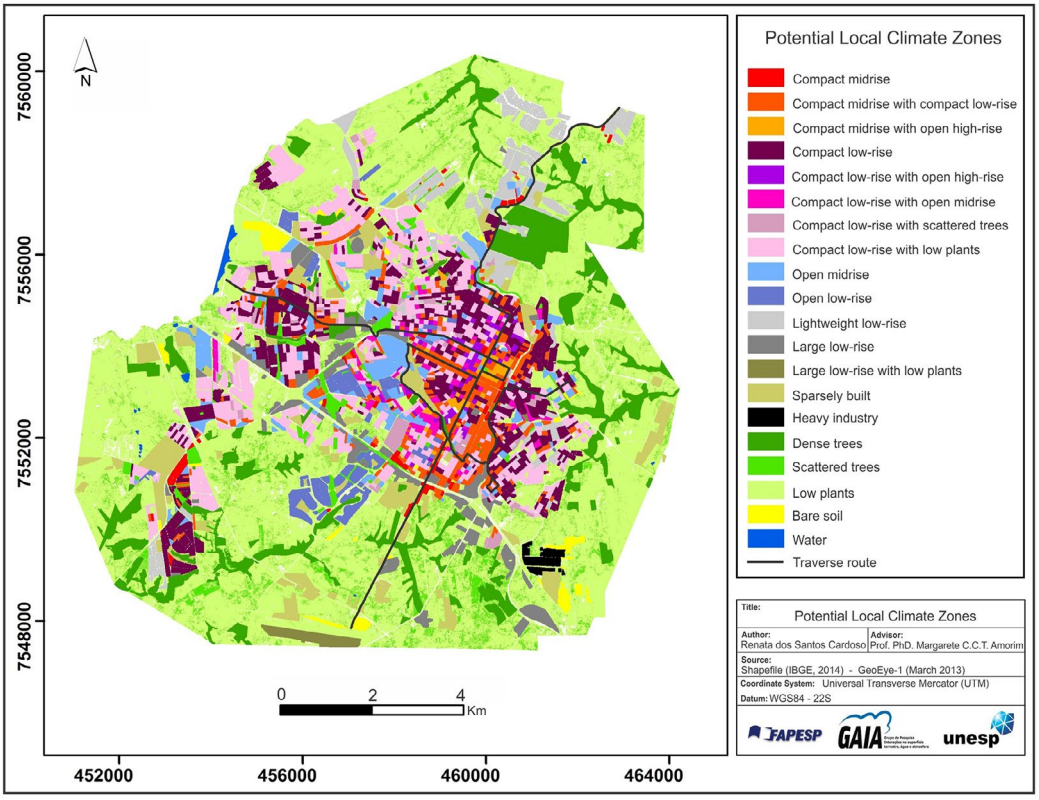
Source: National Institute of Meteorology, Meteorological Station of the School of Sciences and Technology - São Paulo State University (UNESP). Own elaboration.

2. Methodology

To investigate the urban heat island in Presidente Prudente, we first classified different landscape arrangements based on the Local Climate Zone (LCZ) system. Mobile traverses were then conducted to gather temperatures from different routes and calculate UHI intensity, defined as $\Delta T_{\text{LCZ X–Y}}$.

The LCZ application in Presidente Prudente draws upon a study by Cardoso (2015), in which potential local climate zones were mapped using urban blocks to define thermal source areas (figure 3).

Figure 3. Potential local climate zones in Presidente Prudente

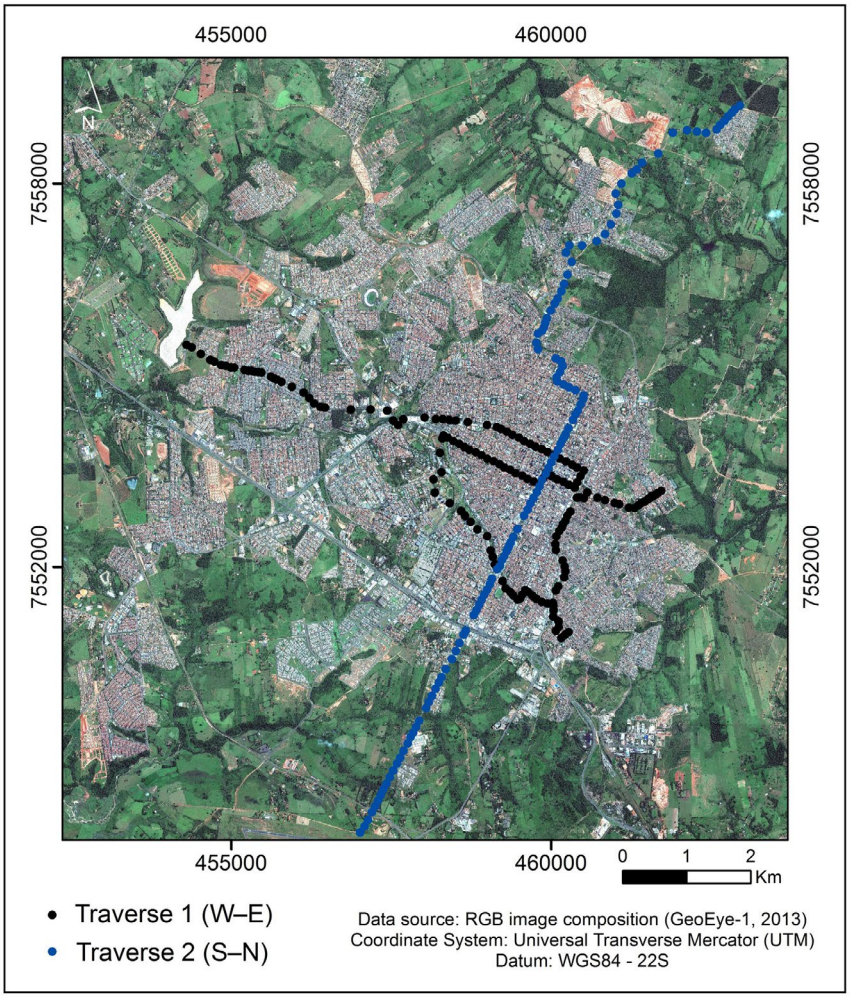


Source: Cardoso (2015). Own elaboration.

To assess the UHI, we conducted mobile surveys after sunset during five winter evenings in June and July 2014 to gather temperatures from two traverse routes. We measured temperatures using digital thermohygrometers (model 7664.01.0.00; precision of ±0.1°C), fixed on a 1.5-meter-long wooden rod attached to the side of the vehicles.

Before beginning each route, enough time was given to allow the sensors to respond to outdoor exposure. We used two cars with a maximum speed of 30 km h^{-1} to cover the routes in approximately 1 h. The west-east route was 18.3 km long and the south-north was 14.8 km. We measured a total of 275 points and the average distance between points was approximately 100 m (figure 4).

Figure 4. Traverses across the city



Source: GeoEye-1 (2013). Own elaboration.

We compared mobile measurements with data from the São Paulo State University (UNESP) meteorological station to verify if there was a significant change in temperature over one hour. However, since the differences ranged from 0°C to 0.6°C, time-temperature corrections were not performed on the data.

The preliminary analyses presented in Section 3 are based on measurements made a few hours after sunset (9 p.m.), on evenings with clear sky, light winds (<3 m s^{-1}), and no precipitation. Under the influence of the Atlantic Polar mass (aPm), a high-pressure system that causes atmospheric stability, observed temperature differences between urban and rural sites ranged from 6.3°C to 10.4°C (table 1).

We designed the routes to pass through a variety of surface morphology and land cover types across the study area. However, because of the complex mix of arrangements within the urban area, we selected five relatively homogeneous areas that correspond to the following LCZs: compact midrise with open high-rise, compact low-rise, open midrise, lightweight low-rise, and low plants.

Table 1. Temperature differences (ΔT_{u-r}) and atmospheric systems during nighttime traverses in Presidente Prudente, June-July 2014

Date	ΔT_{u-r} (°C)	Wind Speed (m s^{-1})	Wind Direction	Atmospheric Systems
30 June 2014	9.1	0.1	SE	Atlantic polar mass (aPm)
1 July 2014	6.3	2.5	SE	Atlantic polar mass (aPm)
2 July 2014	10.4	0	-	Atlantic polar mass (aPm)
3 July 2014	7.4	1.4	SE	Atlantic polar mass (aPm)
5 July 2014	9.7	1.4	NE	Atlantic polar mass (aPm)

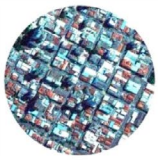
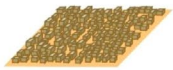
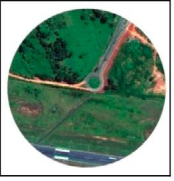
Source: Cardoso (2015). Own elaboration.

To analyze their effect on the UHI intensity, we first calculated circle areas with 250 m radii, because a minimum diameter of 400-1,000 m is required (Stewart & Oke, 2012) for air at screen height to become adjusted to the underlying surface (Oke, 2004). As a result, the measuring points of each LCZ are in the center of the circles, from which we computed average temperatures for the winter episode.

3. Results

We present a sample of local climate zones mapped in Presidente Prudente, from which we analyzed thermal variations in relation to the traverses mean temperatures. We then compared pairwise average temperature differences and UHI intensity defined as $\Delta T_{\text{LCZ X–D}}$. The main characteristics of each LCZ in the city are summarized in table 2.

Table 2. Descriptions of local climatic zones (LCZ) in Presidente Prudente

LCZ[1]	Description	Aerial View[2]
LCZ 2_4 - Compact midrise with open high-rise	***Form:*** Mix of midrise (3 stories tall) and high-rise buildings (tens of stories tall). Closely spaced buildings separated by narrow streets. Heavy building materials (concrete, iron, brick, glass) and roofs with cement/ceramic tiles or metal sheets. Land cover mostly paved with scattered or no trees. Heavy traffic flow. ***Function:*** Residential (apartments); commercial (office buildings, shops). ***Location:*** Core (downtown).	
LCZ 3 - Compact low-rise	***Form:*** Closely spaced buildings 1- 2 stories tall. Small buildings along narrow streets. Heavy building materials (stone, concrete, brick) and roofs with asbestos-cement sheets or ceramic tile. Land cover mostly paved with few or no trees. Moderate to heavy traffic flow. ***Function:*** Residential (single-unit housing); commercial (small shops). ***Location:*** Periphery (western area).	
LCZ 5 - Open midrise	***Form:*** Open arrangement of midrise buildings (3 stories tall). Heavy building materials (concrete, brick, steel, glass). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Moderate to heavy traffic flow. ***Function:*** Institutional (campuses, schools). ***Location:*** West of central- downtown.	
LCZ 7 - Lightweight low-rise 	***Form:*** Single-story buildings set in a compact arrangement and separated by narrow streets. Little or no consolidated infrastructure. Lightweight and heavy building materials (wood, stone, cement, brick), thin walls and roofs with asbestos-cement sheets, ceramic tile, or metal sheets. Land cover mostly paved with few or no trees, bare soil, and surrounding vegetated areas (low plants, scattered trees). Low traffic flow. ***Function:*** Residential (low-cost housing). ***Location:*** Periphery (north of central- downtown).	
LCZ D - Low plants	***Form:*** Featureless landscape with pervious surface, predominantly low plant cover. Few or no trees, roads, or buildings. Low or no traffic flow. ***Function:*** Grassland or agriculture (pasture). ***Location:*** Surrounding rural area (south of central- downtown).	

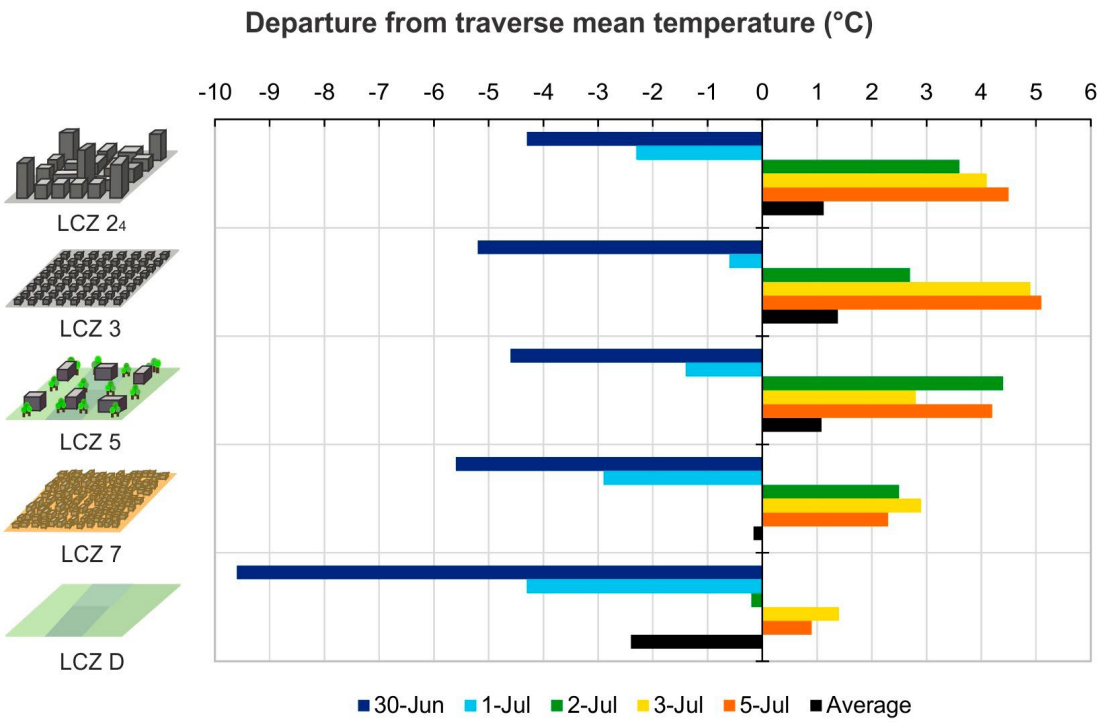
Source: [1] LCZ images from Stewart & Oke (2012); [2] Google Earth 7.1.5.1557 – eye altitude of 900 m and circle areas with 250 m radius. Own elaboration.

On 30 June and 1 July, the advance of a polar anticyclone through the region cooled air temperatures, as shown by a negative shift (4.3-9.6°C) from the traverse mean (20.5°C) (figure 5). With the displacement of the cold air mass over the next days, warming was visible through a positive shift from the winter values.

LCZ D (low plants) had the widest range of temperatures, with an average difference of -2.4°C, whereas LCZ 7 (lightweight low-rise) had the lowest thermal difference (-0.2°C). The largest temperature drops between consecutive zones are 4°C, from LCZ D to LCZ 7 on 30 June, and 2.1°C, from LCZ 3 (compact low-rise) to LCZ 5 (open midrise) on 3 July.

In general, thermal differentiation of LCZs in Presidente Prudente did not occur linearly; however, temperature differences dropped gradually from compact built zones at the top, to open and vegetated zones at the bottom—similar to the LCZ hierarchy in Vancouver (Stewart & Oke, 2010). Further, LCZ 3 (compact low-rise) presented greater positive departures than the other compact built zones, owing to its building morphology and lack of vegetation.

Figure 5. Thermal differentiation of local climate zones using temperatures from mobile traverses in Presidente Prudente during calm and clear evenings, June and July 2014



Source: LCZ images from Stewart & Oke (2012). Own elaboration.

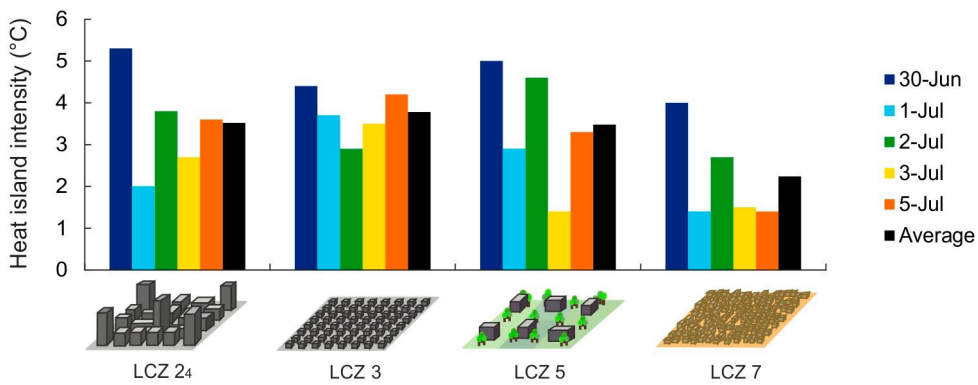
UHI intensity during the winter, defined as $\Delta T_{LCZ\ X-D}$, ranged from 2.2°C to 3.8°C, on average, across the selected local climate zones (figure 6). In LCZ 2_4, temperatures are 3.5°C higher, on average, than in LCZ D, but daily maximum nighttime UHI intensity in LCZ 2_4 reached 5.3°C on June 30.

On the other hand, on individual nights, LCZ 3 presented temperatures between 2.9-4.4°C higher than LCZ D, and greater heat island intensity on average (3.8°C) for the winter period. Temperatures in LCZ 5 (open midrise) are 1.4-5°C larger than the natural zone, whereas in LCZ 7 they are 1.4-4°C higher.

Based on inter-zone temperature differences, the largest average difference, $\Delta T_{LCZ\ 3-D,}$ is approximately 4°C, followed by $\Delta T_{LCZ\ 5-D}$ at 3.5°C (table 3), whereas the smallest differences, $\Delta T_{LCZ\ 3-24,}$ and $\Delta T_{LCZ\ 3-5}$ are 0.3°C.

Once again, the thermal difference from $\Delta T_{LCZ\ 3-D}$ being higher than the differences in $\Delta T_{LCZ\ 24-D}$ does not express the expected temperature decrease sequence. However, this pattern can be associated with the physical setting in LCZ 3, where buildings are closely spaced with a more compact arrangement than the other compact zones. As a result, little to no space is left for vegetation cover and its cooling effect.

Figure 6. Heat island intensity ($\Delta T_{LCZ\ X\text{–}D}$) in Presidente Prudente during nighttime traverses, June-July 2014 (5 nights)



Source: LCZ images from Stewart & Oke (2012). Own elaboration.

Table 3. Inter-zone thermal differences in Presidente Prudente

LCZ	24	3	5	7	D
24	0	-0.3	0	1.3	3.5
3	0.3	0	0.3	1.6	3.8
5	0	-0.3	0	1.3	3.5
7	-1.3	-1.6	-1.3	0	2.2
D	-3.5	-3.8	-3.5	-2.2	0

Own elaboration.

We expected a higher contrast between classes with significant differences in geometry and land cover than between classes with similar physical characteristics (Stewart & Oke, 2012). Nonetheless, the pairwise $\Delta T_{LCZ\ 3\text{–}5}$ presented the smallest thermal difference (0.3°C). This disruption in the pattern can be attributed to anthropogenic heat from moderate to heavy traffic flow in both LCZs, which overrode the regular effects of building morphology and surface cover.

In addition, the fact that UHI intensity depends on the method of reporting is noteworthy, especially when using average temperatures. For instance, no average thermal differences were observed between the compact midrise with high-rise buildings and open midrise zones ($\Delta T_{LCZ\ 24\text{–}5}$). In contrast, using daily data from the traverses, differences ranged from 0.3°C to 1.3°C.

4. Discussion

The urban climate in Presidente Prudente was investigated for more than a decade, and heat islands of different intensities that can reach up to 10°C were detected (Amorim, 2000; Amorim, Dubreuil, Quenol & Sant'Anna Neto, 2009; Barbosa & Amorim, 2012; Cardoso, 2015). The UHI formation can be associated with the built urban forms in the city, characterized by closely spaced buildings, few or no trees, and building materials that are not appropriate for the region's climate, whereas its intensification also depends on stable weather conditions.

Besides that, the use of information from urban climate studies as a support to urban planning is still incipient in Brazilian cities, where decision makers usually prioritize the economic rather than the social and environmental aspects. "These factors lead to an urban thermal environment that influences the residents' health, especially the low-income population, who are less likely to adapt to climate changes owing to their limited access to cooling facilities." (Cardoso, Dorigon, Teixeira & Amorim, 2017, p. 2).

Although the lack of use of knowledge about the heat island effects by local government and planners, there is a need to advance UHI investigation since it can exacerbate thermal stress and compromise the population and the quality of life. The greater the awareness of this issue, the greater its insertion in the agenda of decision makers to prevent or mitigate urban heat islands.

Despite our small dataset —five mobile traverses during winter—, thermal contrasts between zones with large differences in surface morphology and land cover, such as LCZs 2_4 and D, exceed 5ºC on an individual night and reached 3.5ºC, on average. On the contrary, thermal differences among similar zones, such as LCZs 2_4 and 3 were <0.5ºC. However, inter-zone temperature differences tend to be underestimated as temperatures were taken over paved roads and across areas accessible to cars (Stewart, Oke & Krayenhoff, 2014).

Through heat island intensity, defined as $\Delta T_{\text{LCZ X–Y}}$, we verified the role of physical settings in rising intraurban temperatures, though open set and vegetation cover were associated with lower temperatures. Although maximum UHI intensities were identified among densely built zones, the effects of anthropogenic heat on increasing temperatures in open arrangements (LCZ 5) were notable.

Overall, the UHI intensities based on inter-zone thermal differences derived here are significant and relate well with previous studies. For instance, Perera, Emmanuel & Mahanama (2012) investigated heat islands and LCZs in Colombo, Sri Lanka, where UHI intensities ranged from 0.1°C to 4.4°C over the rural site selected. In Presidente Prudente, the maximum thermal difference between the compact zones and the low plants zone was 3.8°C.

Stewart, *et al.* (2014) reported similar results in Nagano, Japan, where temperatures from nighttime traverses in LCZ 2_4 were about 3.5°C higher than LCZ D during the cold season. The corresponding $\Delta T_{\text{LCZ 24–D}}$ from our traverses was, on average, 3.5°C. Temperatures in LCZ 5 in Uppsala, Sweden, were 3°C higher than in LCZ D, and based on our results, $\Delta T_{\text{LCZ 5–D}}$ reached a maximum difference of 3.5°C.

Alexander & Mills (2014) examined UHIs using LCZs in Dublin, Ireland, and we found a similar relation to their findings here with $\Delta T_{\text{LCZ 3–D}}$. Our traverses found a 3.8°C difference between LCZ 3 and LCZ D, whereas it was 3.1°C in Dublin. In Szeged, Hungary, Lelovics *et al.* (2013) carried out mobile surveys to gather temperatures across LCZs and found a difference of 3.6°C between LCZ 3 and LCZ D, which is the closest analogous value compared to ours.

The application of local climate zones to UHI investigations is recent in Brazil, which makes it challenging to establish a direct comparison between our results from selected LCZs and their different UHI intensities. However, considering thermal differences among the warmest and the coolest areas registered during winter in Brazilian cities, there are similar correspondences to our findings in Presidente Prudente.

Using automobile surveys to gather temperatures in Jales, São Paulo, Ugeda Junior (2012) verified the occurrence of heat islands with intensities up to 9°C, on average, defined by the traditional "urban-rural" classification. Based on this study, we can mention the LCZ D, a featureless landscape with pervious surface and low plant cover that showed a maximum negative shift of 9.6°C in relation to the traverse mean temperature.

On the other hand, Ortiz Porangaba (2015) conducted four mobile traverses across Assis, São Paulo, and daily maximum intensities varied from 1.7°C to 4.6°C. The highest temperatures were related to densely built areas, whereas the lowest ones were in rural areas with vegetation cover. Comparing with our results, daily maximum UHI intensities ranged from 3.5°C ($\Delta T_{\text{LCZ 3–D}}$ on July 3) to 5.3°C ($\Delta T_{\text{LCZ 24–D}}$ on June 30) over five nights.

That range at our traverses shows similarity to those reported by Minaki (2014) during a survey along Araçatuba, São Paulo. Maximum intensities varied from 4.7°C to 6.4°C, and areas with high built density and heavy traffic flow presented higher temperatures compared with rural areas. Likewise, for clear nights with wind speed inferior to 1 m s^{-1}, Moreira (2016) found temperature differences of approximately 7°C in Penápolis, São Paulo, where the lowest temperatures were verified at a vegetated valley bottom.

Those studies in cities with tropical and continental characteristics, including Presidente Prudente, allow us to associate urban morphology and land cover with the formation of UHIs. By assessing the temperature profiles of the cities, the authors verified the role of built density in increasing temperatures, whereas open areas, vegetation cover, and surface relief were related to lower temperatures.

5. Conclusions

As a typical Brazilian tropical city, Presidente Prudente presents warmer conditions throughout the year. Together with the complex mix of heterogeneous landscapes, these factors lead to the formation of heat islands that can intensify the thermal discomfort experienced by inhabitants.

Therefore, UHI investigation is essential to improve the procedures for its observation and communication, advance urban climate studies, and support planning methods. The LCZ scheme by Stewart (2011) provides a practical guide in heat island investigation in different cities, and its application in Presidente Prudente confirmed the existence of intraurban heat islands with different intensities.

Observing temperatures in Presidente Prudente during winter (30 June-5 July 2014) was ideal for studying heat island formation and LCZ differentiation because stable weather conditions maximized local climate differences. Nocturnal temperatures recorded in compact built zones were the highest, followed by open midsize, lightweight low-rise, and low plants zones.

Since the UHI intensity changes on a daily and seasonal basis, we highlight the importance of measurements at hourly intervals for several days or months to analyze the diurnal evolution of heat islands in each LCZ, and in different synoptic conditions. Furthermore, other processes and physical properties need to be added in future works, such as anthropogenic heat flux, turbulent flow, sensible and latent heat flux, thermal conductivity, and heat capacity. LCZs should be tested for these different attributes in an attempt to better describe the urban climate in Presidente Prudente.

As nonlinear interactions and correlations between different aspects of microclimate are numerous, it is not always possible to develop generalized guidelines for an urban planning that considers the cities' climate characteristics (Masson, 2000; Huttner, 2012). Thus, field observations along different LCZs should be used together with numerical models to simulate their climate dynamics and assess the impact of urban tropical environments on the microclimate.

In general, the information derived from this study can be integrated with urban planning in order to assist the elaboration of specific mitigation strategies for each local climate zone. Results from Presidente Prudente also provide elements to guide further studies in other tropical cities, and the development of new investigations with this classification system may contribute to strengthen the communication of knowledge and its implications to end-users as local governments and planners.

Acknowledgments

The authors thank the São Paulo Research Foundation (FAPESP) for the financial support; grant 2013/02057-0.

References

Abreu, D.S. (1972). *Formação histórica de uma cidade pioneira paulista: Presidente Prudente*. Presidente Prudente: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras.

Alexandre, M.J.O. (2013). *El clima urbano de la ciudad de Natal (Brasil), aplicando modelos de campo y teledetección orbital*. Tesis Doctoral, Departamiento de Geografía, Universidad Autonoma de Madrid, 348 pp.

Alexander, P.J. & Mills, G. (2014). Local Climate Classification and Dublin's Urban Heat Island. *Atmosphere*, (5), 755-774. https://doi.org/10.3390/atmos5040755

Amorim, M.C.C.T. (2000). *O clima urbano de Presidente Prudente/SP*. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 378 pp.

Amorim, M.C.C.T. (2017). *Teoria e método para o estudo das ilhas de calor em cidades tropicais de pequeno e médio porte*. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 178 pp.

Amorim, M.C.C.T., Dubreuil, V., Quenol, H. & Sant'Anna Neto, J.L. (2009). Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). *Confins* (Paris), (7), 1-16.

Amorim, M.C.C.T., Dubreuil, V. & Cardoso, R.S. (2015). Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) - Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, (16), 29-45. http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v16i0.40585

Arnfield, A.J. (2003). Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *Int. J. Climatol.*, (23), 1-26. https://doi.org/10.1002/joc.859

Auer, A.H. (1978). Correlation of Land Use and Cover with Meteorological Anomalies. *J. Appl. Meteor.*, (17), 636-643. https://doi.org/10.1175/1520-0450(1978)017<0636:COLUAC>2.0.CO;2

Barbosa, H.P. & Amorim, M.C.C.T. (2012). Clima urbano em Presidente Prudente/SP: diferenças térmicas e higrométricas urbano/rural em episódios de outono. *Revista GeoNorte*, (2), 220-232.

Barrios, N.A.Z. & Sant'anna Neto, J.L. (1996). A circulação atmosférica no extremo oeste paulista. *Boletim climatológico*, Presidente Prudente, (1), 8-9.

Bechtel, B., Langkamp, T., Böhner, J., Daneke, C., Oßenbrügge, J. & Schempp, S. (2012). *Classification and modelling of urban micro-climates using multisensoral and multitemporal remote sensing data*. In International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B8, 2012 XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia. https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXIX-B8-463-2012

Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) (2016). *População estimada 2016*. Retrieved November 23, 2016, from http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/home-cidades

Cardoso, R.S. (2015). *Classificação de potenciais unidades climáticas em Presidente Prudente-SP*. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 135 pp.

Cardoso, R.S., Dorigon, L.P., Teixeira, D.C.F. & Amorim, M.C.C.T. (2017). Assessment of Urban Heat Islands in Small- and Mid-Sized Cities in Brazil. *Climate*, (5), 1-14. https://doi.org/10.3390/cli5010014

Chandler, T.J. (1965). The climate of London. London: Hutchinson.

Collishonn, E. (1998). *O campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre: análise a partir da interação entre as variáveis ambientais na definição do clima urbano*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 167 pp.

Collischonn, E. & Mattos, G.P. (2011). Classificação de ambientes termicamente homogêneos para estudos de clima na camada do dossel urbano - metodologia e aplicação à cidade de Pelotas/RS. *Revista Brasileira de Climatologia*, (9), 56-67. https://doi.org/10.5380/abclima.v9i0.27515

Dumke, E.M.S. (2007). *Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade - uma perspectiva a partir do Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC)*. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 417 pp.

Ellefsen, R. (1990/91). Mapping and measuring buildings in the urban canopy boundary layer in ten US cities. *Energy and Buildings*, (15-16), 1025-1049.

Grimmond, S. (2007). Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. *Geographical Journal*, (173), 83-88. https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2007.232_3.x

Hinkel, K.M., Nelson, F.E., Klene, A.E. & Bell, J.H. (2003). The urban heat island in winter at Barrow, Alaska. *Int. J. Climatol.*, (23), 1889-1905. https://doi.org/10.1002/joc.971

Huttner, S. (2012). *Further development and application of the 3D micro climate simulation ENVI-met*. Thesis (Doctor of Science) - Faculty of Chemistry, Pharmacy and Geosciences, Johannes-Gutenberg-University of Mainz, Mainz, 147 pp.

Leconte, F., Bouyer, J., Claverie, R. & Pétrissans, M. (2015). *Estimation of spatial air temperature distribution at sub-mesoclimatic scale using the LCZ scheme and mobile measurements*. In Proceedings of the 9th International Conference on Urban Climate (ICUC9) jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, Toulouse, France.

Lelovics, E., Gál, T. & Unger, J. (2013). *Mapping local climate zones with a vector-based GIS method*. In Proceedings of the Air and Water Components of the Environment: Conference Dedicated to World Meteorological Day and World Water Day, Cluj-Napoca, Romania.

Lombardo, M.A. (1985). *Ilha de Calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec.

Masson, V. (2000). A Physically-Based Scheme for the Urban Energy Budget in Atmospheric Models. *Boundary-Layer Meteorology*, (94), 357-397. https://doi.org/10.1023/A:1002463829265

Mendonça, F.A. (1994). *O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno. Proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR*. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Mendonça, F. (2003). Clima e Planejamento urbano em Londrina - proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo térmico. In C.A.F. Monteiro & F. Mendonça (Eds.), *Clima urbano* (pp. 93-120). São Paulo: Contexto.

Middel, A., Häb, K., Brazel, A.J., Martin, C.A. & Guhathakurta, S. (2014). Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. *Landscape and Urban Planning*, (122), 16-28. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.004

Minaki, C. (2014). *O Clima Urbano Como Indicador de qualidade ambiental: estudo de caso da paisagem urbana de Araçatuba/SP.* Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 266 pp.

Monteiro, C.A.F. (1976). *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo: USP.

Moreira, J.L. (2016). *O Clima Urbano em Penápolis/SP: Análise da temperatura e umidade intraurbana.* Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 207 pp.

Oke, T.R. (1987). *Boundary Layer Climates* (2nd ed.). New York: Methuen.

Oke, T.R. (2004). *Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites*. IOM Rep. 81, WMO/TD-No. 1250, 47 pp. Retrieved from http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-81/IOM-81-UrbanMetObs.pdf

Ortiz Porangaba, G.F. (2015). *O clima urbano das cidades do interior do estado de São Paulo: uma análise do campo térmico de Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã*. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 354 pp.

Perera, N.G.R., Emmanuel, R. & Mahanama, P.K.S. (2012). *Mapping "Local Climate Zones" and relative Warming Effects in Colombo, Sri Lanka*. In Proceedings of the 8th International Conference on Urban Climate (ICUC8) and 10th Symposium on the Urban Environment, Dublin, Ireland.

Pitton, S.E.C. (1997). *As cidades como indicadores de alterações térmicas*. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 272 pp.

Puliafito, S.E., Bochaca, F.R., Allende, D.G. & Fernandez, R. (2013). Green Areas and Microscale Thermal Comfort in Arid Environments: A Case Study in Mendoza, Argentina. *Atmospheric and Climate Sciences*, 3(3), 372-384. https://doi.org/10.4236/acs.2013.33039

Sant'anna Neto, J.L. (Ed.). (2002). *Os climas das cidades brasileiras*. Presidente Prudente: UDUNESP.

Stewart, I.D. (2011). *Redefining the urban heat island*. Ph.D. dissertation, Department of Geography, University of British Columbia, 352 pp. Retrieved from https://circle.ubc.ca/handle/2429/38069

Stewart, I.D. & Oke, T.R. (2010). *Thermal differentiation of local climate zones using temperature observations from urban and rural field sites*. Extended Abstracts, 9th Symp. on Urban Environment, Keystone, CO, Amer. Meteor. Soc., 1.1. Retrieved from http://ams.confex.com/ams/19Ag19BLT9Urban/webprogram/Paper173127.html

Stewart, I.D. & Oke, T.R. (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, (93), 1879-1900. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1

Stewart, I.D., Oke, T.R. & Krayenhoff, E.S. (2014). Evaluation of the 'local climate zone' scheme using temperature observations and model simulations. *Int. J. Climatol.*, (34), 1062-1080. https://doi.org/10.1002/joc.3746

Tarifa, J.R. (1977). Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos (SP). *Geografia*, (4), 59-80.

Ugeda Junior, J.C. (2012). *Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP*. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 383 pp.

Voogt, J.A. (2004). *Urban Heat Islands: Hotter Cities*. Retrieved July 15, 2016, from http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html

Nº 69, enero-junio de 2018, pp. 119-136.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO2018.69.08

Investigaciones Geográficas
Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante

Cita bibliográfica: Roig-Munar, F. X., Martín Prieto, J. A., Rodríguez Perea, A. & Blàzquez Salom, M. (2018). Restauración de sistemas dunares en las islas Baleares (2000-2017): una visión crítica. *Investigaciones Geográficas,* (69), 119-136. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.08

Restauración de sistemas dunares en las islas Baleares (2000-2017): una visión crítica[1]

A critical view of the restoration of dune systems in the Balearic Islands (2000-2017)

Francesc Xavier Roig-Munar[2]
José Ángel Martín Prieto[3]
Antonio Rodríguez Perea[4]
Macià Blàzquez Salom[5]

Resumen

En las últimas décadas, se han aplicado a lo largo del litoral del estado español diferentes técnicas de gestión litoral con el fin de restaurar, mantener y proteger los sistemas playa-duna. Estas técnicas se han basado en la emulación artificial de los procesos naturales que favorecen la recuperación del sistema, mientras en otras se ha basado en la instalación de servicios que evitan la frecuentación y pisoteo de los sistemas dunares. La falta de criterios geomorfológicos en algunas actuaciones realizadas en las islas Baleares han generado y agravado procesos erosivos sobre aquellos que se pretendían recuperar, o bien se han fijado de forma artificial sistemas dinámicos. Este trabajo ejemplifica algunas técnicas aplicadas sin criterios geomorfológicos sobre sistemas dunares.

Palabras clave: Islas Baleares; restauración; sistemas playa-duna; gestión; erosión.

Abstract

In recent decades, different coastal management techniques have been used along the Spanish coast in order to restore, maintain and protect beach-dune systems. These techniques are based on the artificial emulation of natural processes that favour the recovery of the system, while others have been based on the setting up of services that avoid the frequenting and trampling of the dune systems. The lack of geomorphological criteria in some management activities carried out in the Balearic Islands, has caused and aggravated erosion on the systems that were supposed to be recovered, or they have artificially established those dynamic systems. This paper illustrates some techniques applied without geomorphological criteria on dune systems.

Key words: Balearic Islands; beach restoration; beach-dune system; management; erosion.

1. Introducción

El consumo del medio litoral se ha enfocado como un producto con diversidad de ofertas de ocio, persiguiendo la satisfacción de las expectativas del usuario, sin prestar atención a sus características como sistema, trasformando sus atributos naturales en un recurso económico, convirtiendo estos espa-

1 Este artículo contribuye parcialmente al desarrollo del proyecto "Crisis y reestructuración de los espacios turísticos del litoral español" (CSO2015-64468-P) del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).
2 Consultor ambiental. Carrer Carritxaret, 18-6, 07749, Es Migjorn Gran, Menorca, Islas Baleares, España. xiscoroig@gmail.com
3 Departamento de Ciencias de la Tierra, Universitat de les Illes Balears, España. Consultor ambiental. Carrer Carritxaret, 18-6, 07749, Es Migjorn Gran, Menorca, Islas Baleares, España. josean33@gmail.com
4 Departamento de Ciencias de la Tierra, Universitat de les Illes Balears, España. arperea2@gmail.com
5 Departamento de Ciencias de la Tierra, Universitat de les Illes Balears, España. mblazquez@uib.cat

Recepción: 27/08/2017. **Aceptación:** 24/01/2018. **Publicación:** 13/06/2018.

Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

cios dinámicos en subjetivos, relativos, funcionales y adaptados a la temporalidad del mercado turístico litoral (Yepes y Medina, 2005). Las dunas costeras representan sistemas morfológicos frágiles y dinámicos fundamentales para el equilibrio del litoral arenoso, proporcionando funciones de protección contra la erosión y siendo importantes sistemas ecológicos. Sin embargo estas morfologías están ubicadas en entornos frágiles amenazados por factores naturales y humanos, con procesos de degradación que suponen la pérdida de sus valores geoambientales y de los bienes y servicios que representa el ecosistema.

En los últimos años se toma conciencia del constante deterioro de los ecosistemas naturales, entre los que destacan los sistemas litorales. La estabilidad y equilibrio de las morfologías dunares quedan determinadas por diferentes factores, como el suministro de arena, la tasa de transporte sedimentario (Delgado-Fernández, 2011), las fuerzas del oleaje y el viento (Walker, Hesp, Davidson-Arnott y Ollerhead, 2006), el estado de la playa a largo plazo (Davidson-Arnott, MacQuarrie y Aagaard, 2005), la ocurrencia y la magnitud de tormentas, y la vegetación (Miot da Silva, Hesp, Peixoto, y Dillenburg, 2008). El impacto humano sobre estas morfologías ha sido ampliamente estudiado y descrito, apuntando las causas de degradación al desarrollo turístico masivo, a la construcción de paseos marítimos, a una elevada presión antrópica, a la instalación de servicios y a medidas incorrectas que generan impactos (Carter, 1988; Nordstrom, 2008; Gómez-Piña, Muñoz-Pérez, Ramírez y Ley, 2002).

Para paliar estos procesos, focalizados en la pérdida de playas, morfologías y vegetación, se han aplicado históricamente estrategias de adaptación mediante la gestión y/o defensa de la costa, que han condicionado su evolución a lo largo de las últimas décadas (Lithgow *et al*,. 2013). Según Roig-Munar (2011) las actuaciones de carácter intervencionista están determinadas por las condiciones genéticas de cada espacio, destacando:

1.- Actuaciones duras, se trata de estructuras que tienen por objetivo resistir la energía del oleaje, como escolleras y espigones, con el objetivo de retener sedimento y evitar la erosión de la costa.

2.- Actuaciones blandas, que según Charlier y De Meyer (1989) se basan en el "respeto" al medio ambiente, como son las regeneraciones artificiales de playas. Este método, denominado suave por los ingenieros, genera impactos de tipo erosivo en las zonas de préstamo, ya sea zonas sumergidas o emergidas, y un impacto que genera desequilibrios en la zona de actuación (Rodríguez-Perea, Servera y Martín-Prieto, 2000).

3.- Actuaciones sostenibles, basadas en emular los procesos naturales del sistema. El objetivo final es la restauración del equilibrio dinámico entre la playa emergida y el sector dunar, que sólo tendrán éxito en espacios que permitan el desarrollo de morfologías dunares y colonización vegetal, sin aportación de material sedimentario exógeno (Roig-Munar, Rodríguez-Perea, Martín-Prieto y Pons, 2009). Las actuaciones sostenibles son las más adecuadas para preservar y recuperar el sistema playa-duna, aunque socioeconómicamente pueden ser complejas de implementar, ya que requieren amplios espacios donde recuperar morfologías y tiempos prolongados en su restauración.

La principal fuente de ingresos de las islas Baleares proviene de la actividad turística, que en el año 2014 supuso el 44.8% del PIB balear, con un total de 12.003 millones de € y un gasto público del 14.9% (IMPACTUR, 2014). Esta actividad se concentra en su litoral arenoso, playas, calas y sistemas playa-duna, representando un importante recurso económico, donde se generan impactos ambientales. El desconocimiento de su dinámica natural por parte de gestores, públicos y privados, ha dado lugar a actuaciones agresivas sobre el medio, alterando estos frágiles y dinámicos ecosistemas. A este factor hay que sumar las diferentes administraciones en la planificación, ordenación y gestión, lo que dificulta la aplicación de criterios adaptados a cada sistema (Pons, 2015).

1.1. Descripción general de los sistemas playa-duna en las islas baleares

A grandes rasgos la estructura general de los sistemas playa-duna de Baleares comprende desde la zona sumergida hasta la parte emergida (figura 1), y pueden describirse basándose en cinco zonificaciones, descritas por Servera (1997), Rodríguez-Perea *et al.* (2000) y Balaguer y Roig-Munar (2016).

1.1.1. Zona sumergida

Se diferencia el sector distal, el más profundo y lejano de la línea de costa (-40 m aproximadamente) donde se desarrollan las praderas de fanerógamas marinas (*Posidonia oceanica*), y el sector proximal, el

más cercano a la línea de costa y donde se produce una redistribución y transporte del sedimento hacia la playa emergida. Es una zona de elevado dinamismo y fragilidad, caracterizada por la formación de barras sumergidas, donde se inician los procesos de intercambio sedimentario para asegurar el mantenimiento del sistema playa-duna. El origen del sedimento es un factor condicionante en los sistemas dunares de Baleares, donde las praderas de Posidonia juegan un importante papel en la producción de sedimento, con más de un 80 % de origen biológico (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000). Es por tanto necesario mantener las condiciones ambientales que permiten el desarrollo de estas en la zona de transferencia de sedimentos entre playa sumergida y playa emergida, ya que constituyen una de las variables principales a tener en cuenta en la gestión.

1.1.2. Zona de playa

La zona de playa es el área comúnmente más frecuentada, y es donde se suelen llevar a cabo buena parte de las acciones de gestión y mantenimiento para asegurar un buen estado para el uso y disfrute de los usuarios (Balaguer y Roig-Munar, 2016). Es la zona que manifiesta de manera más visible el balance sedimentario del área sumergida con los sectores emergidos (Woodroffe, 2002), y en ella se diferencia el sector de playa baja y la playa alta (figura 1). La playa baja presenta una alternancia de procesos marinos y eólicos, mientras que su sector alto se caracteriza por un dominio de procesos eólicos y de acumulación, solo afectada por la dinámica marina durante episodios de oleaje de régimen extraordinario. En este sector aparecen las primeras formas eólicas de carácter efímero (dunas embrionarias) con vegetación pionera.

1.1.3. Zona del primer cordón dunar, foredune

Es el área posterior a la playa alta y es la zona en la que se pueden observar las primeras formaciones dunares permanentes debido a que el sedimento es atrapado por la vegetación herbácea. Cualquier alteración de su cobertura vegetal puede provocar su rápida desestabilización y erosión, dando lugar a lóbulos de deflación o *blowouts* (Hesp, 2002). Estas formas dunares, en tanto que reservorios de sedimento, pueden asegurar el equilibrio de la playa en episodios de fuertes temporales y cuando las olas alcancen su base, permitiendo de forma natural la recuperación de la superficie de la playa (Mir-Gual y Pons, 2011). También amortiguan la fuerza del viento y reducen el transporte de spray marino hacia el interior del sistema, favoreciendo el desarrollo de vegetación arbórea en la parte posterior.

1.1.4. Zona de dunas móviles y semiestabilizadas

Tras las dunas del primer cordón dunar y separadas por una depresión interdunar, *runnel*, se encuentran las dunas móviles del sistema. Estas se van fijando hacia el interior por la vegetación, configurando la zona de dunas semiestabilizadas, donde las condiciones para el crecimiento vegetal son más adecuadas y el desarrollo de la vegetación permite la creación de una capa de humus que contribuye a la formación del suelo. La extensión de esta zona no es uniforme y suele estar condicionada al estado de conservación/degradación del primer cordón dunar (Hesp, 1988) y a la topografía del terreno, de ello depende el desarrollo de diferentes tipos de morfologías en Baleares (Servera, 1997).

1.1.5. Zona de dunas estabilizadas

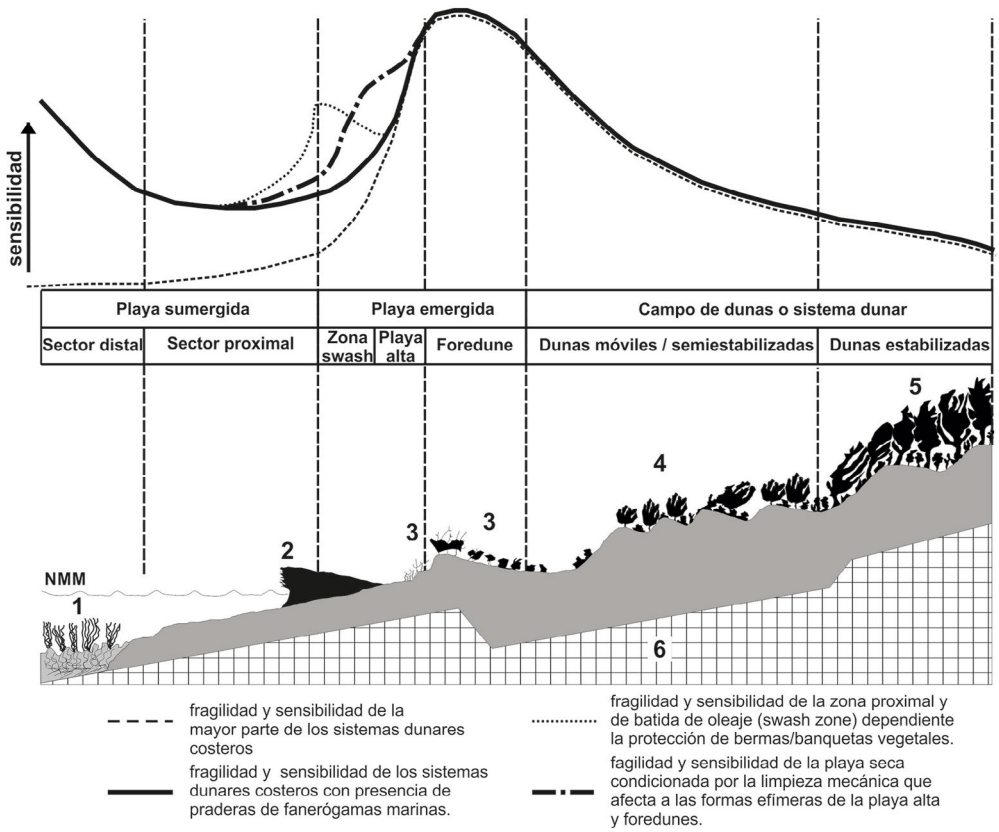
La creación de suelo aumenta a medida que se adentran tierra adentro, donde los procesos de deflación eólica son menores, y las dunas se encuentran estabilizadas por vegetación de porte arbustivo y arbóreo. Hay poca aportación de arena y esta solo tiene lugar durante episodios de fuertes vientos, o condicionado al estado ambiental del frente dunar (Lynch, Jackson, y Cooper, 2010). Frecuentemente la vegetación de estas zonas en Baleares está conformada por la acción humana, asociadas a procesos de siembra y reforestación (Mayol, 2006).

Basándonos en estas cinco zonificaciones (figura 1) los modelos de interacción playa-duna pueden ser herramientas evaluables para los gestores en aras de aplicar estrategias de gestión. En este sentido Short y Hesp (1982) estudiaron la interacción playa-duna con énfasis en la morfodinámica y en su respuesta a la energía del viento y oleaje. Los modelos de Psuty (1990) proporcionaron un punto de partida para identificar las variables más importantes como el suministro de sedimento entre playa-duna para predecir el comportamiento de las *foredunes*. Hesp (2002) realizó una clasificación morfoecológica basada

en los diferentes estados de conservación de la *foredune*, donde el estadio 1 representa máxima estabilidad y naturalidad mientras que el estadio 5 representa la erosión con tendencia a la desaparición del sistema dunar delantero. Sin embargo este conocimiento está lejos de ser utilizado por los responsables en la gestión y planificación litoral que se centran más en aspectos socioeconómicos (Ariza *et al.*, 2010). No tener presente estas interacciones puede conducir a una mala gestión, donde los problemas de erosión se agravan de forma continuada a lo largo del tiempo, presentando dificultades para mantener el estado natural los sistemas playa-duna (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000; Roig-Munar, 2011).

El grado de sensibilidad morfodinámica de los sistemas playa-duna presenta diferentes sectores de interrelación (figura 1) y sobre cada uno pueden darse una serie de medidas que afectan la estabilidad del sistema en conjunto. Estos puntos de sensibilidad han sido definidos a partir de las afectaciones asociadas a una incorrecta gestión sobre ellos. La primera curva de sensibilidad, y asociada a los sistemas playa-duna de Baleares, fue descrita por Rodríguez-Perea *et al.* (2000), y se sitúa sobre las praderas de *Posidonia oceanica* como hábitat productor de sedimento, estabilizador de la playa sumergida y disipador de la energía del oleaje. La segunda curva de sensibilidad, establecida por Roig-Munar y Martín-Prieto (2005), se sitúa sobre las bermas acumuladas de *Posidonia oceanica* sobre el *swash*, por su importancia como sector de transferencia sedimentaria entre los sectores emergido y sumergido, como aporte de sedimentos y aporte de materia orgánica entre la playa y las comunidades vegetales dunares, básicas para la estabilización, así como elemento amortiguador de la fuerza de los temporales. Las retirada mecánica de estas bermas dan lugar a la erosión continua del sistema playa. La tercera curva de sensibilizad se encuentra sobre la playa emergida, donde las actuaciones mecánicas de limpieza afectan a las morfologías efímeras de playa alta y a la desestabilización de taludes en los frentes dunares (Roig-Munar, 2004). La cuarta de las curvas se sitúa sobre los primeros cordones dunares, que define su debilitación, erosión y/o desaparición del conjunto playa-duna (Brown y McLachan, 1990; Rodríguez-Perea *et al.*, 2000) y que se ve afectada por la urbanización, por la frecuentación de usuarios, por la presencia de servicios sobre el sistema y por la degradación de la vegetación dunar.

Figura 1. Sectores de la playa-duna y sus diferentes grados de sensibilidad geoambiental



Fuente: Balaguer y Roig-Munar (2016), modificada de Roig-Munar (2004), Rodríguez-Perea et al. (2000) y Brown y McLachan (1990).

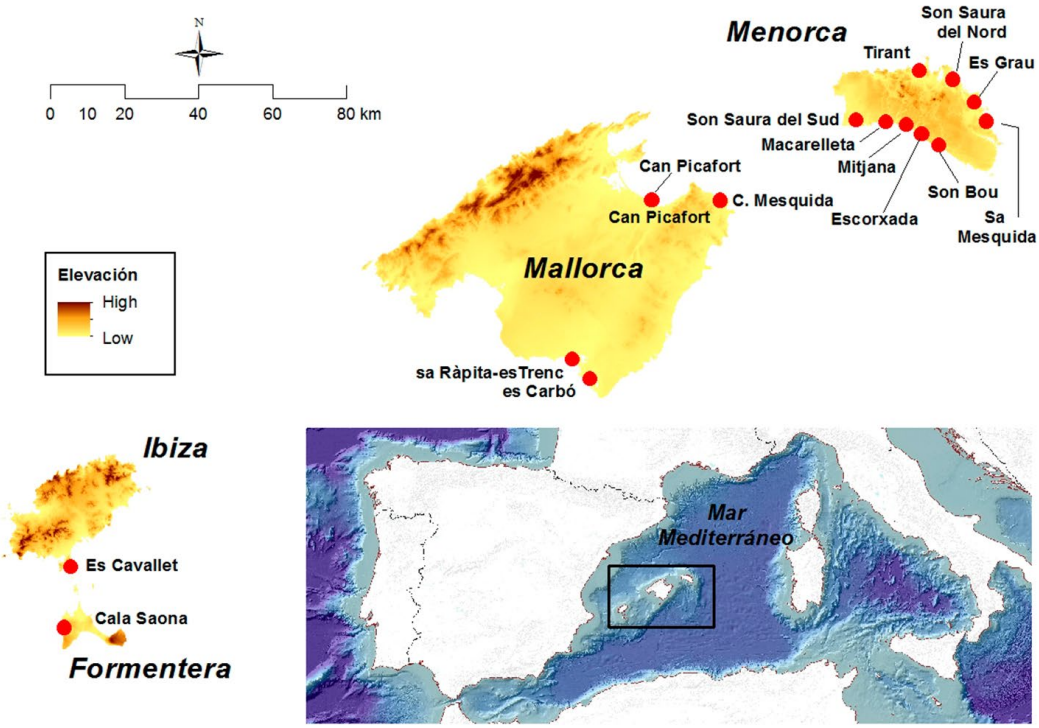
De esta manera es posible diferenciar cuatro puntos críticos en el grado de sensibilidad del perfil playa-duna, siendo el sector dunar delantero el que da lugar a la estabilidad del conjunto (Hesp, 2002; Mir-Gual y Pons, 2011). No tener presentes estos puntos ha supuesto pérdidas de superficies y volúmenes de playa y duna, e incluso su desaparición. Revertir estas tendencias mediante actuaciones basadas en la aplicación de criterios geomorfológicos permite la recuperación del sistema, pero actuar sin criterios adaptados a cada espacio puede agravar los procesos erosivos que se pretenden paliar. En este sentido el objetivo de este trabajo es la evaluación de diferentes técnicas de gestión sobre los sistemas dunares de las islas Baleares.

2. Metodología

Desde la aprobación en 2002 de la Recomendación Europea sobre la Gestión Integrada de la Zonas Costeras (2002/413/CE), tanto la administración estatal, como las administraciones autonómicas con competencias en el litoral, han desarrollado políticas de gestión litoral integrada. A partir de esta recomendación, el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) elaboró un documento que recoge los elementos clave que definen la estrategia para implantar un modelo de gestión basado en principios, objetivos e instrumentos fijados por la Unión Europea a través de su recomendación (MMA, 2005).

A lo largo de las últimas décadas se han aplicado diferentes tipos de actuaciones en el litoral español (Gallego-Fernández, Sánchez, y Ley, 2011; Gómez-Piña *et al.*, 2002) con el fin de restaurar sistemas playa-duna. Sin embargo, la falta de criterios geomorfológicos en la aplicación de estas técnicas ha generado procesos erosivos sobre aquellos sistemas que se pretendían restaurar y/o recuperar. La restauración de dunas debe tener en cuenta la escala espacial y temporal de su evolución, sus diferentes morfologías, estructuras y funciones (Boak y Turner 2005; Martín-Prieto, Roig-Munar, Rodríguez-Perea y Pons, 2010), con un enfoque local en los planes de restauración (Gallego-Fernández *et al.*, 2011), adaptado a las características geomorfológicas de cada espacio de actuación teniendo en cuenta sus sectores morfológicos clave (Roig-Munar *et al.*, 2009). A pesar de ser conocidas las causas que originan los procesos erosivos y las consecuencias negativas de estas en los frentes dunares, la corrección de estos procesos es reciente, y en muchas ocasiones las medidas son deficientes sin tener presentes las características de cada espacio.

Figura 2. Localización de los sistemas dunares con actuaciones llevadas a cabo en las islas Baleares valoradas en este trabajo



Elaboración propia.

Los métodos que permiten la restauración, estabilización, recuperación y rehabilitación de sistemas dunares mediante procesos naturales se centran en diferentes técnicas de actuación y protección, siendo las más empleadas las trampas de interferencia eólica, las pasarelas elevadas sobre dunas, los cerramientos perimetrales de frentes dunares, la eliminación del uso recreativo sobre dunas y/o la revegetación, dando resultados satisfactorios en las últimas décadas (Gómez-Piña *et al.*, 2002; Lithgow *et al.*, 2013). Se trata de actuaciones poco costosas en las que la inversión económica realizada es pequeña en relación con los resultados que se obtienen (Roig-Munar *et al.*, 2009). Las técnicas de restauración dunar han de ser realizadas previo análisis de la evolución espacio-temporal del sistema, siendo la estrategia de restauración la identificación de los impactos, las causas y los efectos, así como los elementos naturales y/o antrópicos que favorecen su erosión (Hesp y Walker, 2012). La implantación de medidas correctoras y protectoras sirven para paliar, reducir y evitar el incremento de procesos erosivos.

Tabla 1. Cuadro sinoptico de las medidas de restauración aplicadas en los frentes dunares de los sistemas dunares de las islas Baleares y las propuestas realizadas en el Manual

Técnicas de restauración dunar aplicadas sobre el sistema dunar delantero	
Barreras de interferencia eólica	Técnica que consiste en emular, mediante materiales naturales, el papel que ejercen las comunidades vegetales pioneras de frente dunar. La acumulación de arena se produce debido a la reducción en la velocidad del viento en el área próxima a la barrera (Miller, Thetford y Yager, 2001), permitiendo el depósito del sedimento a sotavento y barlovento de la barrera con estimaciones de entre 5 y 10 veces su altura. Su uso representa un bajo coste, facilidad de instalación, gran eficiencia en la formación artificial de depósitos arenosos y facilidad para controlar las tasas de erosión y/o deposición. La influencia de las trampas en un régimen de vientos local dependerá de las condiciones que incluyen el flujo de entrada, la topografía local y el tipo de sedimento (Ellis y Sherman, 2013). Ley *et al.* (2007) proponen el uso de tres tipos de barreras: captadores de mimbre, de espartina y de tablas, para utilizar en diferentes tipologías de gestión dunar y proponiendo su mantenimiento una vez que los captadores hayan sido sobresedimentados o deteriorados para valorar la ubicación de nuevas barreras sobre formas recuperadas.
Revegetación	La pérdida de cobertura vegetal es una de las causas de desestabilización y causante de movilizaciones de arena hacia el interior del sistema, creando morfologías erosivas que progradantes hacia tierra. De forma natural estas morfologías erosivas son estabilizadas mediante recolonización en sus estadios erosivos incipientes (Martínez, Hesp y Gallego-Fernández, 2011). En sistemas con elevados índices de erosión, se opta por la revegetación artificial para acelerar el proceso de sellado, con el objeto de recuperar la cubierta vegetal del frente dunar. Ley *et al.* (2007) proponen las tareas de siembra previo estudio de las características de la vegetación del entorno, las diferencias en la disponibilidad sedimentaria y en la estabilidad del substrato, que imponen diferencias en la distribución de especies (García-Mora Gallego-Fernández y García-Novo, 1999).
Cerramientos	Una de las causas en la degradación y desaparición de la cubierta vegetal es el pisoteo sobre la vegetación o el uso de las dunas como áreas de reposo, para evitarlo se precisa la instalación de cerramientos para proteger y limitar la afluencia de visitantes (Acosta, Jucker, Prisco y Santoro, 2011). Existen muchos tipos de cerramiento para proteger los cordones dunares en función de la presión que soportan y de la estética que se pretenda conseguir (Miller *et al.*, 2001). Ley *et al.* (2007) proponen tres tipos de cerramientos; cerramientos de madera y valla metálica, de madera y de madera y cuerda.
Pasarelas	Las pasarelas tienen por objeto facilitar a los usuarios el acceso a la playa con el objeto de evitar daños por pisoteo y fragmentación del sistema. Los sistemas más recomendables para evitar estos procesos consisten en pasarelas de madera elevadas sobre el sustrato y soportadas mediante pilones, ya que al quedar un espacio suficiente entre la estructura y la duna se permite el transporte eólico y la colonización vegetal. Ley *et al.* (2007) proponen cuatro tipos de pasarelas; pasarelas de madera llanas sin barandilla, de madera llanas con barandilla, de madera en escalera con barandilla y de madera adaptadas a discapacitados físicos.
Mantenimiento	Según Ley *et al.* (2007) las obras de restauración dunar sostenible necesitan, a diferencia de la obra civil, un tiempo a partir de la ejecución durante el cual van actuando los procesos naturales, influenciados por múltiples factores que determinan procesos no siempre predecibles. Estos factores condicionan el éxito y la homogeneidad de los resultados. En períodos estivales la afluencia de visitantes puede incrementar los deterioros de las instalaciones, lo que conlleva la necesidad de prever tareas de mantenimiento y reparación que garanticen la viabilidad. Las labores de mantenimiento consisten fundamentalmente en controlar y la evolución y desarrollo de la restauración, manteniendo unas condiciones de conservación y dinámica adecuadas. Es necesario realizar un continuado seguimiento del estado de los captadores de arena durante su fase funcional, y del estado general de conservación de las instalaciones como pasarelas o cerramiento, reparando los desperfectos en la medida que puedan surgir. Ley *et al.*, (2007) considera que anualmente se producen deterioros en aproximadamente el 10% de las labores de restauración realizadas.

Fuente: Basado y ampliado de Ley *et al.*, 2007. Elaboración propia.

La Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, dependiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) elaboró el *Manual restauración sostenible de los sistemas-playa-duna* (Ley, Gallego-Fernández y Vidal, 2007). El Manual se basa en experiencias de gestión sostenibles realizadas a nivel estatal, con el objetivo de dotar de información necesaria que permitiera proponer medidas y técnicas para conseguir la recuperación de los ecosistemas dunares degradados o destruidos, y cuya meta era la recuperación de sus valores intrínsecos, elementos bióticos y abióticos y la restauración de su funcionamiento y dinámica (tabla 1).

El Manual en ningún momento cita la necesidad de limitar, regular o definir los criterios que afectan la playa alta y la zona de batida de oleaje (figura 1), como son las retiradas de restos de fanerógamas marinas o las limpiezas mecánicas en toda la extensión de playa. Estas tareas afectan al sector de intercambio sedimentario entre playa y duna, así como al equilibrio por la erradicación de morfologías efímeras y vegetación asociada. Desde el año 2004, previo al Manual, se han realizado actuaciones en diferentes sistemas playa-duna de Baleares siguiendo las técnicas propuestas en la tabla 1.

El objetivo de este trabajo consiste en analizar la gestión realizada a lo largo de las últimas décadas sobre el sector de dunas delanteras (figura 1) en diferentes sistemas dunares de Baleares por parte del MAGRAMA (figura 2), valorando sus consecuencias geomorfológicas y su evolución temporal a partir de la clasificación morfoecológica de Hesp (2002). Las fuentes utilizadas se basan en el trabajo de campo realizado en diferentes campañas realizadas por los autores en los sistemas analizados (figura 2) entre los años 2000 y 2017. El trabajo describe y analiza diferentes técnicas de restauración llevadas a cabo en 15 sistemas dunares (figura 2) todos ellos con actuaciones consideradas sostenibles sobre la curva de sensibilidad del sistema dunar delantero (figura 1) y valorando las técnicas y recomendaciones del Manual (tabla 1).

Una vez expuestos los resultados se analizará la evolución de los 15 sistemas dunares delanteros a partir de la clasificación morfoecológica de Hesp (2002). Esta clasificación está basada en el trabajo de Hesp (1988), que estableció cinco estadios morfoecológicos de *foredunes* basandose en Carter (1988) y Arens y Wiersma (1994), valorando las *foredunes* de acuerdo a su estado de acreción, estabilidad y/o erosión en respuesta a diferentes factores ambientales. Según Hesp (2002) es poco probable que un estadio 5 pueda migrar a un estadio 1 en condiciones naturales, sin embargo sí es razonable esperar que un estadio 5 pueda regresar al 4 si las condiciones ambientales son adecuadas, con un posible avance hacia un estadio 3. En los estadios 1, 2 y 3, las *foredunes* continúan formándose lentamente mientras que la etapa 5 es altamente erosiva con tendencia a desaparecer.

3. Resultados

Se realizan las valoraciones cualitativas, acompañadas de imágenes, de las diferentes técnicas de gestión sostenible aplicadas en los sistemas dunares de Baleares (figura 2) a partir de cada técnica aplicada por el MAGRAMA y descrita en la tabla 1. Así mismo se realiza una descripción de las consecuencias geomorfológicas sobre el sistema objeto de actuación.

3.1. Barreras de interferencia eólica

La recuperación y estabilización de dunas utilizando barreras artificiales es una técnica ampliamente desarrollada en todo el mundo y con resultados contrastados (Lithgow *et al.*, 2013). Esto se debe principalmente a varias causas: es un método que proporciona flexibilidad, es económico, es reutilizable y posteriormente puede ser estabilizado e integrado en el medio. Esta técnica se ha utilizado desde la Edad Media en países como Dinamarca o Inglaterra, sin embargo no es hasta las décadas de 1950 y de 1960 cuando se utiliza en las costas americanas, holandesas y británicas (Grafals-Soto y Nordstrom, 2009). En España esta técnica se ha empleado en los litorales de Huelva, Cádiz, Valencia, Cataluña, Galicia y Baleares, obteniendo resultados dispares entre ellos. Esto se debe a la falta de un detallado análisis previo de cada sistema, y a la aplicación de técnicas estandarizadas contempladas en el Manual y no adaptadas a las características geoambientales del espaio, hechos que han conllevado a la falta de resultados esperados.

Son varios los sistemas playa-duna del litoral balear en los que se ha empleado esta técnica (figura 2), algunos con resultados positivos, sin embargo y a pesar de estos éxitos parciales, el fracaso también ha estado presente, básicamente debido a:

1.- Falta de caracterización geomorfológica y eólica de cada área, básica para realizar una gestión de interferencia eólica adecuada con finalidad de recuperación. En la figura 3 se pueden observar algunos

ejemplos en la instalación de barreras de retención eólica. Estas actuaciones lejos de favorecer la retención sedimentaria y la recuperación de morfologías dunares delanteras han dado lugar a distorsiones eólicas que han agravado en algunos casos el estado erosivo del sistema. Se presentan ejemplos que muestran la gestión dunar sin aplicación de criterios adaptados a las particularidades del medio gestionado. En la figura 3 A se observa una actuación en cala Macarelleta (Menorca) con la instalación de una barrera de altura superior a las morfologías dunares a recuperar, sin apenas porosidad, con el método de zig-zag aplicable solo a espacios muy dinámicos y con varios vientos dominantes, y la instalación de barreras sobre morfologías erosivas internas de *foredune*, consolidando de este modo los procesos erosivos. En la figura 3 B se puede apreciar una doble barrera sobre la playa de Ca'n Picafort (Mallorca) con una insuficiente separación entre ellas y la instalación de otra barrera al pie de la *foredune,* afectando a las morfologías efímeras de playa alta. En este caso no se han regido por la evolución temporal de la línea dunar delantera, ni se prioriza la recuperación de su frente, aplicando métodos sobre el sistema de playa alta que interfieren la llegada de sedimento óptimo para la recuperación del frente dunar.

En la figura 3 C puede verse como la instalación de una barrera eólica en el frente dunar de sa Rápita y es Trenc (Mallorca) no siguió la continuidad lineal de la *foredune* en su estado natural. Esta instalación de barreras favorece la continuidad de procesos erosivos de dunas delanteras y su migración hacia el interior del sistema alcanzando las dunas semiestabilizadas e incrementando, a corto plazo, la superficie de playa en detrimento de la *foredune*. En la figura 3 D, es Cavallet (Eivissa), se realizó un parcelamiento mediante barreras de interferencia en el interior del sistema dunar erosionado. No se actuó en el frente dunar, permitiendo la consolidación de morfologías *blowout* de tipo regresivo, previas a la actuación, así como el adose de las nuevas morfologías dunares delanteras al frente de las trampas ubicadas en el interior de las cubetas de deflación.

Figura 3. Ejemplos que muestran una gestión dunar con trampas de interferencia eólica sin criterios técnicos ni estudios de dinámica eólica y sedimentaria del sistema

A: Cala Macarelleta (Menorca) trampas superiores a la forma a recuperar. B: Ca'n Picafort (Mallorca) secuencias de trampeo que no permiten la creación de formas efímeras. C: Es Trenc (Mallorca), ubicación de trampas en los sectores erosionados de foredune. D: Es Cavallet (Eivissa), parcelaciones dentro del sector de morfologías erosivas internas del sistema.

Fotografías de los autores.

2.- La falta de seguimiento y mantenimiento es uno de los aspectos que más se repiten a lo largo de los sistemas analizados. Esto puede llevar a crear distorsiones eólicas que causan efectos erosivos no deseados sobre los sistemas que inicialmente tenían que ser recuperados. La presencia de elementos deteriorados

sobre el sistema da lugar a la creación de morfologías erosivas incipientes, que con el paso del tiempo, y favorecido por la dinámica eólica, genera procesos de reactivación de morfologías erosivas aparentemente gestionadas. En la figura 4 se presentan dos ejemplos que muestran la falta de mantenimiento en algunos sistemas dunares, creando cuerpos sólidos por abandono que favorecen la distorsión eólica asociada a estos obstáculos. En la figura 4 A, en la playa de es Trenc (Mallorca), se muestra el deterioro de los materiales empleados para la recuperación del sistema dunar delantero, trampas de interferencia y barreras disuasorias que debido a la falta de mantenimiento dejan de ser funcionales, pasando a ser elementos erosivos. En la figura 4 B, en la playa de es Carbó (Mallorca), un arenal natural de baja frecuentación y donde no era necesaria ninguna actuación debido a su buen estado de conservación, se instalaron trampas de interferencia que no han sido revisadas y que inician procesos erosivos sobre un frente dunar delantero inicialmente estable.

Figura 4. Ejemplos que muestran la falta de mantenimiento de las instacaciones

A: playa de es Trenc (Mallorca). B: playa de es Carbó (Mallorca), convietiéndose estas instalaciones en elementos que favorecen procesos erosivos en el frente dunar.

Fotografías de los autores.

De las actuaciones realizadas sobre estos sistemas se puede concluir que no se han seguido las medidas y tipologías de trampeo prupuestas por Ley *et al.* (2007). Se ha observado que en las actuaciones realizadas en Baleares no ha habido un análisis detallado del estado primigenio ni la utilización de materiales, ubicación, orientaciónones o potencias adecuadas de trampas, no dando resultados inicialmente previstos, como se observa en las figuras 3 y 4. Cabe destacar que las tareas de gestión y reposición de materiales se han realizado en todos los casos entre los meses de abril y mayo, sin mantener las instalaciones en los períodos de máxina influencia eólica y baja frecuentación en invierno.

3.2. Revegetación

Esta técnica, recientemente extendida en Baleares, se ha llevado a cabo fundamentalmente en cala Mesquida (Mallorca) y sa Mesquida (Menorca), con un resultado positivo en algunos sectores del sistema dunar gracias a la estabilización de morfologías creadas mediante trampas barrera, pero con resultados negativos en otros sectores por no crear formas previas. La falta de mantenimiento sumada al nulo control de cabras sobre las morfologías revegetadas, que eliminan las plántulas de los sistemas restaurados y afectan a la estabilidad del sistema, no favorecen el éxito de la medida en cala Mesquida (figura 5 A). En el caso de sa Mesquida, la solución adoptada fue la roturación del sistema de playa alta y la siembra de *Amophila arenaria* sobre el sector correspondiente al sistema dunar delantero desaparecido, sin previa creación de morfologías delanteras. El resultado fue la compactación del suelo y la creación de concreciones carbonatadas debido a la fijación de la vegetación sobre un sustrato compuesto por un sedimento mayoritariamente carbonatado. Este proceso impidió la retención de sedimento y generó la creación de morfologías incipientes en la parte posterior de la siembra, alterando su perfil natural (figura 5 B).

Actualmente la práctica de revegetación se extiende en muchas tareas de restauración, lo que lleva en ocasiones a la fijación de los procesos dinámicos del sistema, a una disminución de la biodiversidad e incluso a la reintroducción de especies alóctonas, favoreciendo una excesiva estabilidad de los sistemas

playa-duna. En este caso, no se han seguido las recomendaciones del Manual, no realizando tareas previas de ganancias sedimentarias, para la creación de formas dunares.

Figura 5. Ejemplos de tareas de revegetación dunar

A: Presencia de cabras remoneando la *Ammophila arenaria*, favoreciendo la erosión del sistema delantero, donde se aprecia una falta de mantenimiento (Cala Mesquida, Mallorca). B: Revegetación de la playa de sa Mesquida (Menorca) con la creación de morfologías dunares en la parte posterior de la actuación.

Fotografías de los autores.

3.3. Cerramientos

La colocación de estacas unidas mediante cuerdas para impedir el paso de usuarios hacia el interior de los sistemas permite una recuperación lenta pero progresiva de morfologías dunares y su vegetación asociada. En aquellos casos de recuperación del frente dunar, se ha llegado a avanzar el cerramiento hacia la playa para recuperar estas morfologías en su posición original. Cabe destacar que algunas actuaciones han sido de carácter regresivo ya que se realizan sin criterios adecuados, no siguiendo la línea original de contacto entre playa y duna, forzando la recuperación de dunas más allá de su situación original, hecho que conlleva a la erosión del conjunto del sistema dunar delantero. En la figura 6 A, se puede observar como la falta de criterio técnico basado en el Manual dio lugar a una protección sectorial, en lugar de centrarse en el conjunto del sistema playa-duna. Se acotaron zonas por las que el vallado cruzaba dunas móviles, dejando el resto del sistema sin proteger, favoreciendo el pisoteo y la fragmentación. En el segundo ejemplo (figura 6 B) se muestra como el vallado se sitúa detrás de la barrera, hecho que pone de manifiesto el desconocimiento de la dinámica del conjunto y la funcionalidad de cada una de las técnicas aplicadas.

Figura 6. Ejemplos que muestran errores en los cerramientos ejecutados en el sistema playa-duna de es Trenc (Mallorca)

A: Cerramiento que fragmenta la duna interior semiestabilizada. B: Actuación sectorial de cerramiento ubicado detrás de la barrera de interferencia eólica.

Fotografías de los autores.

3.4. Pasarelas

Las pasarelas tienen por objetivo concentrar los flujos de usuarios sobre morfologías dunares. Estas pasarelas deben ser ubicadas y alzadas sobre el sistema dunar en caso de no existir más alternativas de acceso a las playas y siempre con criterios de elevación y orientación. Se puede observar algunos ejemplos de pasarelas instaladas en Baleares, es el caso de son Saura del Nord (Menorca) (figura 7 A), donde se construyó la pasarela sin tener en cuenta la dinámica eólica, al situarla sobre un sustrato arenoso correspondiente a una morfología erosiva *blowout* progradante tierra adentro con valores de avance de 2,5 m anuales (Roig-Munar, Comas-Lamarca, Martín-Prieto y Rodíguez-Perea, 2006). El resultado fue que en pocos meses quedó parcialmente enterrada en algunos tramos y descalzada en otros debido a la aceleración del flujo eólico, ya que la pasarela está orientada hacia el viento dominante, la Tramuntana, facilitando su canalización, e incrementando los flujos eólicos en el interior del sistema con avances de lóbulos dinámicos y el descalce de taludes laterales.

La construcción de una pasarela sobre la *foredune* de son Bou (Menorca) (figura 7 B), supone una actuación que aumenta los procesos erosivos y acentúa la fragmentación del sistema dunar interno debido al uso del propio sustrato como acceso, favoreciendo el pisoteo de la vegetación, la compactación y la removilización sobre un sector dunar que presentaba un buen estado de conservación. La ubicación de pasarelas sobre morfologías dunares parcialmente estables genera más impactos que los que se pretendían corregir, como es el caso de cala Mitjana (fig. 7 C) o Escorxada (Menorca), donde la infraestructura genera procesos erosivos en sus bases, formando morfologías *blowout* que fragmentan el sistema estable.

Figura 7. Ejemplos que muestran errores de instalación de pasarelas en diferentes sistemas dunares

A: Instalación de una pasarela sin tener presente la dirección del viento dominante (Son Saura del Nord, Menorca). B: Pasarela costruida sobre la foredune estable (Son Bou, Menorca). C: Pasarela que fragmenta el cordón dunar, generando procesos de deflación en sus bases. (Cala Mitjana, Menorca).

Fotografías de los autores.

3.5. Mantenimiento y seguimiento

En las obras de restauración dunar los efectos no se manifiestan inmediatamente, sino que se necesita un cierto tiempo para que los captadores actúen y se establezca una relación equilibrada entre la nueva morfología y la colonización vegetal. Estas particularidades introducen un componente elástico que es necesario abordar para perfeccionar y optimizar las técnicas utilizadas. Para ello se requiere la realización de seguimientos desde el comienzo de la actuación y con continuidad estacional o anual; ya que durante la etapa posterior de restauración es fundamental para comprender los procesos y mejorar las técnicas de gestión. El seguimiento permite una visión objetiva y crítica de los objetivos establecidos y de los resultados obtenidos en las actuaciones, así como la respuesta de los sistemas dunares. Con esta finalidad se hace necesario elaborar un índice de vulnerabilidad específico (Williams *et al.*, 2001), que debe contar con variables geomorfológicas de uso y gestión (Roig-Munar *et al.*, 2006).

Algunas de estas medidas de mantenimiento van acompañadas de cartelería sobre la restauración dunar o la prohibición de acceso sobre el sistema. Si estas están mal ubicadas o bien quedan inmersas dentro de las morfologías dunares recuperadas, como es el caso de la figura 8 A y B llegan a generar nuevos procesos erosivos sobre la duna recuperada.

Figura 8. Ejemplos de incorrectas ubicaciones de cartelería enunciativa de restauración dunar

A: Cartel dentro del runnel del sistema dunar de Tirant (Menorca). B: Cartelería dentro de caminos en fase de restauración del sistema dunar de Son Saura del Sud (Menorca).

Fotografías de los autores.

3.6. Actuaciones pasivas

En algunos sistemas dunares las actuaciones se han basado exclusivamente en el control de usuarios y la limitación o eliminación de las actuaciones mecanizadas en los frentes dunares y playa aérea. Estas medidas se focalizan en la instalación de cordones disuasorios en el frente dunar siguiendo la línea de costa a partir de la fotografía aérea de 1956. Los casos de es Grau y cala Saona son ejemplos de intervención pasiva, sin uso de medidas mediante trampas y revegetación. En estos ejemplos, se elaboró un programa de seguimiento y mantenimiento que permitió la corrección de procesos erosivos asociados al sistema o a fenómenos naturales que lo afectan. En casos puntuales de retirada de restos de *Posidonia oceanica* ha sido incorporada al sistema dunar aportando sedimento intercalado y materia orgánica que facilita el desarrollo de vegetación natural (Roig-Munar *et al.*, 2009). La instalación de cordones disuasorios, junto a la restricción de la limpieza mecánica y la retirada de *Posidonia oceanica* han invertido en estos dos sistemas su tendencia regresiva.

El resultado ha sido la recuperación de morfologías erosivas y un incremento de la superficie vegetal de forma natural, además de un aumento del volumen de la *foredune*. Se puede observar en la figura 9 A y B como el sistema dunar delantero de ambas calas se ha estabilizado con recolonización de vegetación psammófila, con ganancias sedimentarias sin necesidad de intervenciones mediante barreras, hecho que ha supuesto el adelanto progresivo de la línea de cordones disuasorios para recuperar la primogénita línea de *foredune*. Un ejemplo similar se dio en cala Mitjana, pero en este caso la instalación de la pasarela una

vez recuperado el frente dunar, ha generado la fragmentación del sistema mediante procesos erosivos en su base (figura 7C).

Figura 9. Estabiización natural del sistema dunar delantero mediante cerramientos y restricción de actuaciones mecanizadas

A: Sistema de es Grau (Menorca). B: sistema de cala Saona (Formentera).

Fotografías de los autores.

4. Discusión de los resultados

A partir de los resultados expuestos en el apartado anterior, se analiza la evolución de los 15 sistemas dunares delanteros a partir de la clasificación morfoecológica de Hesp (2002).

Las medidas obtenidas para cada área analizada, por años y por sistema, determinan la evolución y la tendencia asociada a medidas de gestión encaminadas a su recuperación (Tabla 2). Se parte del análisis en el año 2000, previo a las actuaciones de restauración, y posteriormente de los años 2006, 2012 y 2017. La tendencia evolutiva de cada sistema, según los criterios aplicados y descritos de restauración, tendría que dar como resultado una tendencia de valores altos (estadios más erosivos) hacia valores bajos (menos erosivos), con el objetivo final de recuperar las morfologías en su estado original.

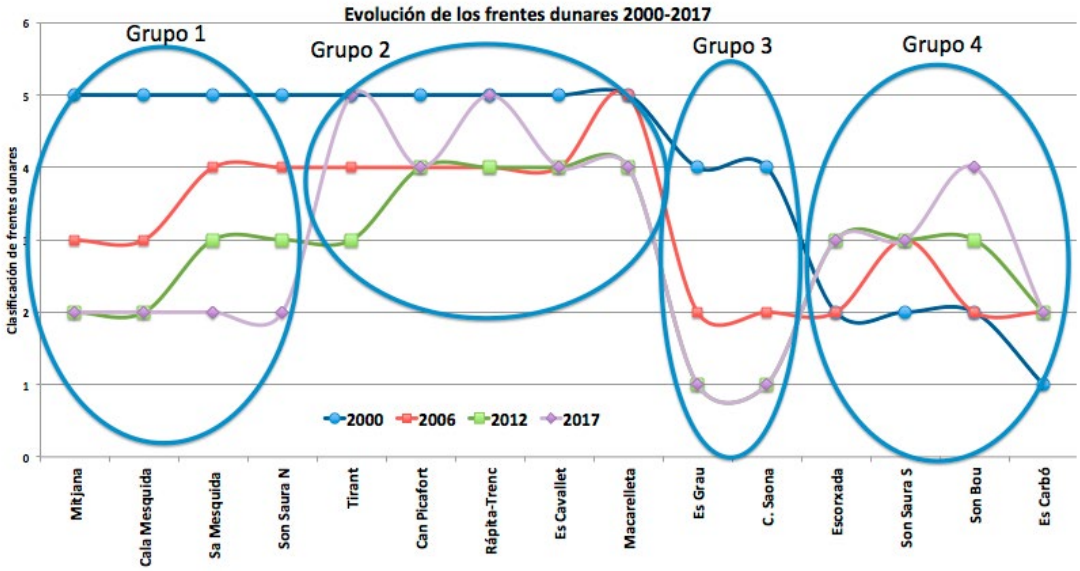
Tabla 2. Valoración de la evolución de los sistemas dunares dalanteros analizados basado en la clasificación morfoecológica de Hesp (2002)

Sistema\Año	2000	2006	2012	2017	Media Sistema
Sa Mesquida	5	4	3	2	3,5
Es Grau	4	2	1	1	2
Son Saura N	5	4	3	2	3,5
Tirant	5	4	3	5	4,2
Son Saura S	2	3	4	3	3
Macarelleta	5	5	4	4	4,5
Escorxada	2	2	3	3	2,5
Son Bou	2	2	3	4	2,7
Mitjana	5	3	2	2	3
Can Picafort	5	4	4	4	4,25
Cala Mesquida	5	3	2	2	3
Es Carbó	1	2	2	2	1,75
Rápita-Trenc	5	4	4	5	4,5
Es Cavallet	5	4	4	4	4,2
C. Saona	4	2	1	1	2
Media Años	4,0	3,2	2,9	2,9	

Elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran diferentes patrones de comportamiento morfológico asociados a las medidas de gestión y técnicas aplicadas. En términos generales, la tendencia ha sido hacia la renaturalización del conjunto, partiendo de un valor medio de 4 en el año 2000 a valores medios de recuperación de frentes dunares de 2,9 en el año 2017 (tabla 2). Sin embargo, los resultados analizados por cada uno de los sistemas no reflejan una tendencia tan positiva, teniendo en cuenta el período de actuación, 11 años, y las técnicas utilizadas. Así, entre los años 2012 y 2017, la media se sitúa para ambos en 2.9, sin mostrar la evolución positiva, como ocurrió entre los años 2000 y 2006, que se sitúa en 3.2. Si esta gestión hubiese sido adecuada, la tendencia de recuperación hubiese tendido hacia un valor más cercano a 1, pero los resultados nos demuestran lo contrario, un estancamiento, lo cual pone de manifiesto que no se han aplicado las diferentes técnicas de forma adecuada y adaptadas a cada sistema.

Figura 10. Evolución morfoecológica del frente dunar de los 15 sistemas dunares analizados



Elaboración propia.

En la figura 10 es posible observar la evolución de los diferentes sistemas, donde destacan 4 tipos de comportamientos asociados a la gestión realizada sobre el sistema delantero, clave para la estabilidad del conjunto del sistema playa-duna (figura 1). De estos comportamientos morfoecológicos cabe destacar:

Grupo 1: Aquellos sistemas que parten de una situación de degradación del sistema dunar delantero en su conjunto y que han pasado de un estadio morfológico de 5 a 2. En general presentan estados puntuales de erosión debido a mala gestión o bien escaso mantenimiento, como es el caso de Mitjana, cala Mesquida, sa Mesquida o Son Saura N. El caso de sa Mesquida y cala Mesquida presentan un estadio de equilibrio que cabe poner en duda ya que se han dado procesos de fijación de morfologías mediante revegetación, perdiendo el sistema su función dinámica, hecho que repercute en su biodiversidad.

Grupo 2: Se trata de 5 sistemas que presentaban un estadio inicial más erosivo (estadio 5) y que a pesar de las medidas de gestión no se han equilibrado ni recuperado, alcanzando un valor medio de 4 en 2017. A pesar de la aplicación de medidas de gestión, su evolución ha sido similar a los procesos de renaturalización descritos por Hesp (2002) en un sistema natural, por tanto las medidas no han favorecido la recuperación y mantenimiento del sistema. Destaca el sistema dunar de Tirant, que con la utilización de diferentes medidas de gestión (cerramiento y barreras) llegó a alcanzar el estadio 3, evolucionando hacia la recuperación. Sin embargo, en el año 2017 retorna un estadio 5 con la reactivación de morfologías erosivas en todo el sistema dunar, debido a un abandono en la gestión. Los sistemas dunares de sa Rápita-es Trenc, ca'n Picafort, es Cavallet y Macarelleta, a pesar de los esfuerzos económicos en la instalación de trampas y cerramientos, no han recuperado en ningún caso una cierta continuidad de su frente dunar, alcanzando un estadio 4, de carácter erosivo. La utilización de trampas de interferencia eólica solo han creado una barrera visual, sin generar los procesos de acumulación ni revegetación natural deseados (figura 3).

Grupo 3: En este grupo destacan dos sistemas, es Grau y cala Saona (figura 9), que han pasado de un estadio inicial 4, con elevados grados de alteración, a un estadio 1. Lo más destacable de ambos es que solo se utilizaron técnicas de intervención pasiva sobre sus morfologías, con únicamente medidas de control de usuarios mediante cerramientos y limitación de actuaciones mecanizadas. La ausencia de instalaciones de barreras ha facilitado la naturalidad del sistema sin procesos asociados a núcleos erosivos derivados de la falta de mantenimiento y al abandono de las infraestructuras instaladas en períodos invernales (figura 4).

Grupo 4: Los sistemas dunares de Son Saura del S, Escorxada, cala'n Carbó y Son Bou presentaban un estadio medio de conservación de 1,75 en sus frentes dunares en el año 2000, mientras que en 2017 este valor medio es de 3, con una tendencia erosiva asociada a las medidas de gestión aplicadas en sus *foredunes*. La aplicación de técnicas en sistemas equilibrados da lugar a la desestabilización, alteración e incrementos de usos sobre ellos reactivando y alterando los procesos naturales.

5. Conclusiones

La tendencia de recuperación presenta una evolución positiva en términos generales dentro del contexto del sistema dunar delantero, aunque en todos ellos se han de destacar puntos de reactivación o debilitación, asociados a la gestión realizada.

La implementación de un Manual de restauración de dunas costeras por parte del Ministerio de Medio Ambiente (Ley *et al*., 2007), con ideas precisas y concretas sobre restauración y regeneración de sistemas playa-duna no han sido aplicadas, con un resultado desfavorable sobre sus frentes dunares. En el caso de los sistemas dunares de Baleares no se ha tenido en cuenta la observación de periodos de tiempo largos, superiores a 30 años, con la finalidad de realizar un diagnóstico fiable sobre el comportamiento evolutivo de la línea de costa y su relación con los sistemas dunares delanteros (Boak y Turner, 2005; Martín-Prieto, Roig-Munar y Rodríguez-Perea, 2008).

La restauración dunar requiere un esfuerzo importante de seguimiento y mantenimiento, así como la combinación e integración de diferentes criterios geoambientales ya que de este modo se maximizan los beneficios y los servicios que estas aportan. Los intentos de restauración dunar han sido parciales en los sistemas playa-duna descritos en este trabajo, ya que en general, no se han tenido presentes los aspectos geomorfológicos de cada sistema. Los principales motivos de esta mala implementación de las técnicas de restauración utilizadas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Los resultados denotan una falta en el análisis de la dinámica eólica, sedimentaria y geomorfológica del sistema a escala multitemporal. El desconocimiento de la dinámica eólica ha generado procesos erosivos asociados a las medidas aplicadas, como es el caso de accesos o trampas de interferencia en el interior de morfologías erosivas internas.
- No se han aplicado correctamente los criterios del Manual en la instalación de barreras de interferencia eólica, sin tener presentes la sectorización de cada playa, las interferencias que pueden ocasionar las mismas, revegetación y/o pasarelas con las morfologías existentes.
- Los criterios en la ubicación de cordones disuasorios no han sido los adecuados, sin seguir la línea natural de la morfología dunar delantera y consolidando procesos erosivos que favorecen a corto plazo mayor superficies de playa en detrimento del sistema dunar.
- Hay una falta en la aplicación de criterios en la instalación de pasarelas, por desconocimiento de la dinámica eólica y procesos sedimentarios, que llevan en unos casos a la fragmentación del frente dunar e incrementar los procesos erosivos y en otros al enterramiento de la propia infraestructura.
- No ha habido un seguimiento ni un mantenimiento adecuados de las actuaciones, favoreciendo una mala imagen a los usuarios, generando distorsión eólica que agrava procesos erosivos por su falta de mantenimiento e instalación en períodos invernales.

En general, la implementación de las medidas llevadas en las islas Baleares son aptas para cumplir con los objetivos de regeneración y restauración dunar inicialmente planteados. Son técnicas ampliamente aplicadas y de éxito si se basan en criterios geomorfológicos y análisis geoambientales de cada sistema dunar. Su coste es bajo, de fácil aplicabilidad, reutilizables en muchos casos, se sirven de la naturaleza para su propósito e incluso, aún en el caso de cometer errores, estos pueden ser reversibles con su mantenimiento. Es importante tener presente que, debido a la naturaleza dinámica de estos sistemas, la restauración

morfológica dunar en el litoral y su vegetación asociada, pueden tardar en recuperarse en periodos de tiempo que en algunos sistemas superan los 10 años. En general, la restauración dunar basada en criterios sostenibles suele ser una acción recurrente en el tiempo (Hesp y Hilton, 2011), de aquí la importancia de su seguimiento y mantenimiento.

A pesar de ser medidas válidas con el objetivo de recuperación y renaturalización de los sistemas dunares, el trabajo concluye que estas han tenido un carácter marcadamente estético, ya que no se han seguido los criterios marcados en el Manual. Esto se pone de manifiesto al comprobar que una de las medidas más efectivas para la recuperación del sistema, la instalación y corrección de barreras de interferencia eólica, no son colocadas o bien se colocan justo antes de la temporada turística sin previos estudios de aptitud ni de seguimiento para su posible modificación, y que normalmente son desatendidas en los períodos invernales (fig. 4). También se ha constatado que las actuaciones llevadas a cabo en los últimos años han sido mínimas sobre las curvas de sensibilidad geoambiental del sistema, justificadas algunas en la crisis económica.

La correcta gestión de estos sistemas dunares mediante las medidas de gestión sostenibles aplicadas habrían sido efectivas siguiendo los criterios del manual de gestión dunar de Ley *et al*. (2007) y era suficiente adaptarlas a las características de las islas Baleares. Estos trabajos de restauración habrían sido más efectivos con la realización de estudios espacio-temporales de cada sistema playa-duna, la aplicación de criterios geomorfológicos sobre el sistema dunar delantero y un plan de seguimiento, mantenimiento y análisis evolutivo de la restauración, que hubiera facilitado en gran medida la recuperación de los sistemas dunares tratados, e incluso el cambio de metodologías o emplazamientos de las actuaciones, partiendo de estadios erosivos hacia estadios recuperados y estables.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer las sugerencias y los comentarios realizados por los editores de la revista y de los dos revisores anónimos, las cuales han contribuido a una mejora respecto a la versión original. Este artículo contribuye parcialmente al desarrollo del proyecto “Crisis y reestructuración de los espacios turísticos del litoral español” (CSO2015-64468-P) del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Referencias

Acosta, A. T., Jucker T., Prisco, I. y Santoro, R. (2011). Passive recovery of Mediterranean coastal dunes following limitations to human trampling. En M. L. Martínez, J. B. Gallego-Fernández y P. A. Hesp (Eds.), *Restoration of coastal dunes* (pp. 188-198). https://doi.org/10.1007/978-3-642-33445-0_12

Arens, S.M. y Wiersma, J. (1994). The Dutch foredunes: inventory and classification. *Journal of Coastal Research*, (10), 189-202.

Ariza, E., Jiménez, J.A., Sardà, R., Villares, M., Pinto, J., Fraguell, R., … y Fluvi_a, M. (2010). Proposal for an integral quality index for urban and urbanized beaches. *Environmental Management*, (45), 998-1013. http://dx.doi.org/10.1007/s00267-010-9472-8

Balaguer, P. y Roig-Munar, F. X. (2016). Coastal Dune Systems and the concept of Integrated Coastal and Marine Management (ICMM). En F. X. Roig-Munar y F. J. Quintana (Eds.) *Restauración y Gestión de Sistemas Dunares. Estudio de casos* (201-220). Càtedra d’Ecosistemes Litorals Mediterranis.

Boak, E. y Turner, L. (2005). Shoreline definition and detection: a review. *Journal of Coastal Research,* 21 (4), 688-703. https://doi.org/10.2112/03-0071.1

Brown, A. y McLachlan, A. (1990). Ecology of sandy shores. *Elseiver, Hardbound*.

Carter, R. (1988). *Coastal environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. London: Academic Press.

Charlier, R. H. y De Meyer, C.P. (1989). Coastal defense and beach renovation. *Ocean and Shorline Management*, (12), 525-543. https://doi.org/10.1016/0951-8312(89)90029-5

Davidson-Arnott, R., MacQuarrie K. y Aagaard, T. (2005). The effect of wind gusts, moisture content and fetch length on a beach. *Geomorphology,* (68,) 115-129. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.04.008

Delgado-Fernández, I. (2011). Meso-escale modelling of aeolian sediment imput to coastal dune. *Geomorphology*, (130), 230-243. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.04.001

Ellis, J. T. y Sherman D. J. (2013). Fundamentals of Aeolian Sediment Transport: Wind-Blown Sand. En Shroder, J.F. (Ed.), *Treatise on Geomorphology* (pp. 85-108). San Diego: Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00299-2

Gallego-Fernández, J.B., Sánchez, I.A. y Ley, C. (2011). Restoration of isolated and small coastal sand dunes on the rocky coast of northern Spain. *Ecological Engineering*, (37), 1822-1832. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.06.017

García-Mora, M.R., J.B. Gallego-Fernández, y F. García-Novo. (1999). Plant functional types in relation to foredune dynamics and the main coastal stresses. *Journal of Vegetation Science*, (10), 27-34. https://doi.org/10.2307/3237157

Gómez-Piña, G., Muñoz-Pérez, J.J., Ramírez, J.L. y Ley, C. (2002). Sand dune management problems and techniques, Spain. *Journal of Coastal Research*, (36), 325-332. https://doi.org/10.2112/1551-5036-36.sp1.325

Grafals-Soto, R. y Nordstrom, K. (2009). Sand fences in the coastal zone: intended and unintended effects. *Environmental Management*, (44), 420-429. https://doi.org/10.1007/s00267-009-9331-7

Hesp, P. A. (1988). Surfzone, beach and foredune interactions on the Australian southeast coast. En Psuty, N. (Ed.), *Journal of Coastal Research Special Issue, (vol. 3)*, 15-25.

Hesp, P. A. (2002). Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology, and dynamics. *Geomorphology*, (48), 245-268. https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00184-8

Hesp, P. A. y Hilton, M. (2011). Restoration of Foredunes and Transgressive Dunefields: Case Studies from New Zealand. En M. L. Martínez, J. B. Gallego-Fernández y P. A. Hesp (Eds.), *Restoration of coastal dunes* (pp. 67-92).

Hesp, P. A. y Walker, I. J. (2012). Three-dimensional aeolian dynamics within a bowl blowout during offshore winds: Greenwich Dunes, Prince Edward Island, Canada. *Aeolian Research, (3)*, 389-399. https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2011.09.002

IMPACTUR (2014). *Estudio del Impacto Económico del Turismo.* Conselleria de Turisme i Esports. Govern de les Illes Balears. Recuperado de: http://www.caib.es/sites/estadistiquesdelturisme/f/224873

Ley, C., Gallego-Fernández J. y Vidal, C. (2007). *Manual de restauración de dunas costeras*. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. Recuperado de http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0652461.pdf

Lithgow, D., Martínez, M. L., Gallego-Fernández, J. B., Hesp, P. A., Flores, P., Gachuz, S., … y Álvarez-Molina, L. L. (2013). Linking restoration ecology with coastal dune restoration. *Geomorphology*, (199), 214-224. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.05.007

Lynch, K., Jackson, D. W. y Cooper, J. A. (2010). Coastal foredune topography as a control on secondary airflow regimes under offshore winds. *Earth Surface Processes and Landforms*, 35 (3), 344-353. https://doi.org/10.1002/esp.1925

Martín-Prieto, J. A., Roig-Munar, F. X., Rodríguez-Perea, A y Pons, G. X. (2010). Evaluació de la línea de costa de la platja de es Trenc (S. Mallorca). En J. Mayol, Ll. Muntaner, y O. Rullán (Eds.), *Homenatge a Bartomeu Barceló i Pons, geògraf* (pp. 423-440). Palma.

Martínez, M. L., Hesp, P. A, y Gallego-Fernández, J. B. (2011). Coastal dunes: human impact and need for restoration. En M. L. Martínez, J. B. Gallego-Fernández y P. A. Hesp (Eds.), *Restoration of coastal dunes* (pp. 1-16).

Mayol, J. (2006). Un gran projecte de postguerra: La repoblació forestal de les dunes de Formentera. *Revista Eivisssa*, (44-45), 9-16.

Miller, D. L., Thetford, M. y Yager, L. (2001). Evaluation of sand fence and vegetation for dune building following overwash by Hurricane Opal on Santa Rosa Island, Florida. *Journal of Coastal Research*, (17), 936-948.

Miot da Silva, G., Hesp, P. A., Peixoto, J. y Dillenburg, S. R. (2008). Foredune vegetation patterns and alongshore environmental gradients: Moçambique beach, Santa Catarina Island, Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms*, (33), 1557-1578. https://doi.org/10.1002/esp.1633

Mir-Gual, M. y Pons, G. X. (2011). Coast sandy strip fragmentation of a protected zone in the N of Mallorca (Western Mediterranean). *Journal of Coastal Research SI,* 64 (*1*), 1367-1371.

Ministerio de Medio Ambiente (MMA) (2005). *Hacia una gestión sostenible del litoral español*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente.

Nordstrom, K. F. (2008). *Beach and dune restoration*. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511535925

Pons, F. (2015). *El nuevo régimen jurídico de las costas. ¿Contribuirá de forma eficaz a la protección y al uso sostenible del litoral?*. Thomson Reuters Aranzadi.

Psuty, N. (1990). Foredune mobility and stability, Fire Island, New York. En K. Norstrom, N. Psuty, y B. Carter (Eds.), *Coastal Dunes: Form and Process* (pp. 159-178). London: John Wiley Interscience.

Rodríguez-Perea, A., Servera, J. y Martín-Prieto, J. A. (2000). *Alternatives a la dependència de les platges de les Balears de la regeneració artificial: Informe METADONA*. Universitat de les Illes Balears: Col·lecció Pedagogia Ambiental,10.

Roig-Munar, F. X. y Martín-Prieto, J. A. (2005). Efectos de la retirada de bermas vegetales de Posidonia oceánica sobre playas de las islas Baleares: consecuencias de la presión turística. *Investigaciones geográficas de México*, (57), 39-52. http://dx.doi.org/10.14350/rig.30080

Roig-Munar F. X., Martín-Prieto J. A., Comas-Lamarca, E. y Rodríguez-Perea, A. (2006). Space-time analysis (1956-2004) of human use and management of the beach dune systems of Menorca (Balearic I.). *Journal of Coastal Research; Special Issue 48*, (107-111). https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2551.2408

Roig-Munar, F. X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J. A. y Pons, G. X. (2009). Soft Management of Beach-Dune Systems as a Tool for their Sustainability. *Journal of Coastal Research, SI 56*, (1284-1288). https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4173.2569

Roig-Munar, F. X. (2011). *Aplicació de criteris geomorfològics en la gestió dels sistemes litorals arenosos de les Illes Balears*. Tesis doctoral inédita. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les illes Balears, 366p (en catalán).

Servera, J. (1997). Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears. Tesis doctoral. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears, 904p (en catalán).

Short, A. D. y Hesp, P. A. (1982). Wave, beach and dune interactions in southeast Australia. *Marine Geology,* (48), 259-284. https://doi.org/10.1016/0025-3227(82)90100-1

Walker, I. J., Hesp, P. A., Davidson-Arnott, R. G. y Ollerhead, J. (2006). Topographic steering of alongshore airflow over a vegetaded foredune: Greenwich Dunes, Prince Edward island, Canada. *Journal of Costal Research,* 22 (5), 1279-1291. https://doi.org/10.2112/06A-0010.1

Williams, A. T., Alverinho-Dias J., García Novo, F., García Mora, M. R., Curr, R. y Pereira, A (2001). Integrated coastal dune management: checklist. *Continental Shell Research,* (21), 1937-1960. https://doi.org/10.1016/S0278-4343(01)00036-X

Woodroffe, C. D. (2002). *Coasts: form, process and evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.

Yepes, V. y Medina, J. R. (2005). Land use tourism models in Spanish coastal areas. A case study of the Valencia region. *Journal of Coastal Research Special Issue*, (49), 83-88.

Nº 69, enero-junio de 2018, pp. 137-157.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO2018.69.09

Investigaciones Geográficas
Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante

Cita bibliográfica: Lallana Llorente, V. (2018). Reconstrucción dendroclimática de la serie de precipitaciones en el Valle de Polaciones (Cantabria). *Investigaciones Geográficas,* (69), 137-157. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.09

Reconstrucción dendroclimática de la serie de precipitaciones en el Valle de Polaciones (Cantabria)

Dendroclimatic reconstruction of the precipitation series in the Polaciones valley (Cantabria)

Víctor Lallana Llorente[1]

Resumen

Se realiza una reconstrucción dendroclimática a partir de los datos de nueve cronologías del taxón *Fagus sylvatica* repartidas en Polaciones, un valle de la montaña central cantábrica. El trabajo se basa en una relación estadística fiable y replicable entre los datos climáticos de referencia de la *Climatic Research Unit* y las cronologías de anillos de crecimiento. Los resultados obtenidos en la relación crecimiento-clima para la precipitación resultan estadísticamente significativos para los meses entre abril a agosto, lo que permite reconstruir las variaciones interanuales de ésta entre 1798 y 2011, cubriendo así un periodo en el que no se dispone de registros instrumentales. Por otro lado, se elabora una serie de referencia para el área de análisis y se calculan los años favorables y desfavorables en el crecimiento de la especie. La búsqueda de coincidencias que ayuden a comprender el comportamiento de *Fagus sylvatica* en respuesta al clima en su ámbito meridional de distribución en Europa, lleva a estimar los años secos y húmedos obtenidos de la reconstrucción, que son puestos en relación con los crecimientos.

Palabras clave: *Fagus sylvatica;* dendroclimatología; reconstrucción climática; reconstrucción precipitación; Polaciones.

Abstract

A dendroclimatic reconstruction is carried out using the data from nine chronologies of the *Fagus sylvatica* taxon spread out in Polaciones, a valley of the central Cantabrian Mountains. The paper is based on a reliable and replicable statistical relationship between the climatic reference data of the Climatic Research Unit and the growth ring chronologies. The results obtained in the growth-climate relationship for the precipitation are statistically significant for the months of April to August, which helps reconstruct the interannual variations of this between 1798 and 2011, thus covering a period in which instrumental records are not available. Moreover, a reference series for the analysis area is drawn up and the favourable and unfavourable years in the growth of the species are calculated. The search for coincidences that help understand the behaviour of *Fagus sylvatica* in response to the climate in its southern area of distribution in Europe calls for the estimation of the dry and wet years obtained from the reconstruction, which are related to the growth.

Key words: *Fagus sylvatica;* dendrochronology; dendroclimatology climatic reconstruction; Climatic Research Unit.

1. Introducción

El análisis de los parámetros y registros climáticos del pasado se ha venido desarrollando a lo largo del tiempo a partir de múltiples registros de proxy con la intención de entender y analizar las condiciones paleoclimáticas y su evolución en las zonas analizadas (Luckman, 1990).

1 Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio. Universidad de Cantabria. Grupo de investigación Geografía Histórica del Paisaje, España. lallanav@unican.es

Recepción: 20/07/2017. **Aceptación:** 27/04/2018. **Publicación:** 13/06/2018.

Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

En este sentido, la utilización de los anillos de crecimiento de los árboles proporciona excelentes oportunidades para estos estudios paleoambientales, basando su análisis en las variaciones del clima en el pasado en relación con la anchura que muestran los anillos de crecimiento.

De hecho, el empleo de series de anillos de crecimiento para análisis climáticos y reconstrucciones dendroclimatológicas, se fundamenta en que los árboles tienen una respuesta similar ante determinados fenómenos y variables climáticas que influyen en su crecimiento anual (Hughes, Swetnam y Diaz, 2011; Fritts, 2012). No obstante, la influencia climática no es la única que condiciona el desarrollo anual y crecimiento del árbol, sino que otras variables como la tendencia relacionada con el envejecimiento de los árboles, diversas alteraciones o perturbaciones que afectan a cada árbol (por ejemplo, un cambio en la competencia), o alteraciones a nivel poblacional (tales como incendios o plagas) (Schweingruber, 1990, 2012; Cook y Kairiukstis, 1990, 2013; Esper, Cook, Schweingruber, 2002; Kharuk, Dvinskaya, Ranson, 2013), suponen efectos perturbadores no climáticos que se deben minimizar, si deseamos conseguir una señal climática válida. Es por ello, que el principio de replicación en la extracción de las muestras, así como la elección de lugares son de vital importancia en este tipo de estudios.

A partir de aquí y mediante la comparación de las características de anillos de árboles con los parámetros climáticos disponibles de la época instrumental, se pueden establecer modelos para fines de reconstrucción de la variabilidad climática en el pasado, así como cambios climáticos inducidos por el hombre (Bradley, 1990).

En la Península Ibérica, los registros climáticos instrumentales de las últimas décadas muestran en líneas generales un ligero aumento de temperatura a partir de los años 1980 (Raso, 1997; López-Moreno *et al.*, 2014; Pena-Angulo, Cortesi, Brunetti and Gónzalez Hidalgo, 2015) con una aparente disminución de las precipitaciones a partir de la década de 1990 (Rodrigo, Esteban-Parra, Pozo-Vázquez, Castro-Diez, 1999; De Luis, Raventós, González-Hidalgo, Sánchez y Cortina, 2000; De Luis, Brunetti, Gonzalez-Hidalgo, Longares y Martin-Vide 2010). En cuanto a los análisis de la relación entre los anillos de crecimiento y el clima para la especie objeto de estudio *Fagus sylvatica*, son muchos los trabajos llevados a cabo en toda Europa por diferentes autores, en los que se analizan las variables más determinantes para el crecimiento de la especie (la distribución del haya en Europa, en particular en el centro y sur, ha sido estudiada por Piutti y Cescatti, 1997; Dittmar, Zech y Elling, 2003; Michelot, Bréda, Damesin y Dufrêne, 2012a; Michelot, Simard, Rathgeber, Dufrêne y Damesin, 2012b; Tegel, *et al.*, 2014. En España: Gutiérrez, 1988; Tardif, Camarero, Ribas y Gutiérrez, 2003; Camarero y Gutiérrez, 2004; Jump, Hunt y Peñuelas, 2006, 2007; Rozas 2001, 2006; Rozas, Camarero, Sangüesa-Barreda, Souto y García-González, 2015. En Italia: Biondi, 1993; Biondi y Visani, 1996; Piovesan, G., Bernabei, Di Filippo, Romagnoli y Schirone, 2003; Piovesan, Biondi, Bernabei, Di Filippo y Schirone, 2005a; Piovesan, Di Filippo, Alessandrini, Biondi y Schirone, 2005b; Di Filippo, *et al.*, 2007; Di Filippo, Biondi, Maugeri, Schirone y Piovesan, 2012. En Alemania: Scharnweber, *et al.*, 2011; Scharnweber, Manthey, Wilmking, 2013), centrándose la atención principalmente en la respuesta fisiológica del árbol, sin atender tanto a la evolución paleoclimática de las variables reflejadas.

En este estudio, las cronologías de anillos de crecimiento, elaboradas a partir de individuos vivos de haya (*Fagus sylvatica*) de la Montaña Cantábrica Central, han sido empeladas para reconstruir la serie de precipitaciones de primavera-verano (abril-agosto) del periodo 1798-2011. Esta reconstrucción proporciona nuevos conocimientos únicos sobre la evolución de las precipitaciones en este sector de alta montaña atlántica.

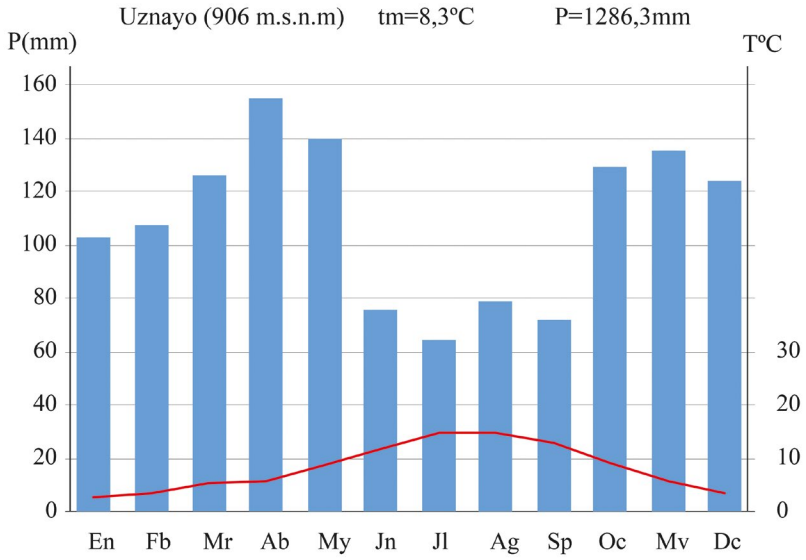
Derivado de este análisis, se plantean como objetivos específicos: a) la construcción de una cronología de referencia de anillos de crecimiento lo más extensa posible en el tiempo para el valle objeto de estudio; b) la determinación de años y periodos característicos en el crecimiento de los anillos de *Fagus sylvatica*; c) la identificación de períodos/años secos y húmedos en la reconstrucción de la serie de precipitaciones planteada y coincidencia con los crecimientos de *Fagus sylvatica*.

El ámbito donde se ha desarrollado este análisis se enmarca en el Valle de Polaciones, una cuenca intramontana localizada en el curso alto del río Nansa en el extremo suroriental de Cantabria. Forma parte de una banda montañosa de transición entre el núcleo central de altas montañas occidentales y el sector oriental de la cordillera. Es un espacio deprimido a una altitud considerable (778 m, de altitud mínima) y rodeado de montañas escarpadas, salvo en su margen izquierda (límite con La Liébana). Las Sierras de Peña Labra y del Cordel, con disposición netamente Este-Oeste, constituyen el límite meridional de la cuenca y suponen la divisoria entre las aguas vertientes a Nansa, Duero y Ebro. Al Norte queda limitada por la elevada Sierra de Peña Sagra (2.046 m) y su prolongación hacia el sureste a través del Cueto de los Escajos (1.517 m) y el Cueto de la Concilla (1.819 m).

Desde el punto de vista de nuestro estudio, supone un espacio de transición entre dos regiones bioclimáticas contrastadas, una de clima atlántico u oceánico de la vertiente cantábrica, frente al mediterráneo continental de la cuenca castellano-leonesa. Este hecho dota, aún más si cabe, de importancia la elección del área, al suponer un ámbito de distribución meridional de *Fagus sylvatica* en Europa, donde los efectos climáticos se muestran de un modo más intenso (Dittmar *et al.*, 2003).

Sus características biogeográficas y de ocupación de suelo responden a las de una montaña media con una gradación en función de la altitud y condicionada al uso secular del espacio. Los fondos de valle y vertientes medias y bajas de topografías más suaves, son ocupados por formaciones herbáceas dedicadas a prados de siega principalmente. Las formaciones boscosas ocupan las amplias laderas situadas entre los 700 m.s.n.m y los 1.600 m.s.n.m., y por encima de ellas se desarrollan notables áreas de matorral mixto, así como pastos de puerto, que ocupan las vertientes altas y topografías favorables de cumbre. En última estancia, encontramos abundantes afloramientos de roca con escasa vegetación que se localizan dispersos en los puntos altitudinalmente más elevados.

Figura 1. Características climáticas medias del Valle de Polaciones



tm: temperatura media anual; P: precipitación media anual.

Fuente: AEMET. Elaboración propia.

Desde el punto de vista climático, este valle presenta una serie de rasgos particulares. Tanto su elevada altitud media como la disposición del relieve tanto al norte como al sur, ayudan a establecer valores de cierta continentalidad. Este rasgo destaca en los valores térmicos invernales, con mínimas muy marcadas. De igual modo, su distanciamiento relativo respecto al mar y su configuración como divisoria de aguas, contribuye a que se den ciertos rasgos mediterráneos, como puede ser una reducción de precipitación en época estival. Estas singularidades nos han llevado, pese a disponer de observatorios cercanos, a tomar como estación de referencia de cara únicamente a una breve caracterización climática, la estación termopluviométrica Uznayo (1159O) correspondiente a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2013), con un registro diario continuo de 1973 a 1996. Los datos disponibles registran un valor medio de temperatura de 8,2ºC con máximos en julio y agosto (en torno a 15ºC). Los inviernos son frescos con medias entre los 3-4ºC y mínimas entre -1ºC y -2ºC. Los registros pluviométricos recogen un valor medio de 1.286 mm anuales con una distribución regular, aunque con máximos primaverales y otoñales y valores de mínimo relativo en época estival. A su vez, apoyándonos en el Visor del Atlas climático de la Península y Baleares (AEMET, 2016), se ha podido caracterizar climáticamente la localización de las poblaciones de estudio (rango entre 1.250 y 1.500 m.s.n.m) presentando unos registros térmicos medios invernales entre los 2,5ºC y los 5ºC, con temperaturas bajo cero de 80-100 días anualmente, y donde precipita entre 125 y 150 días, sin tener en cuenta el importante aporte que suponen las precipitaciones encubiertas producidas por nieblas y días nublados. Es por ello que resulta complicado saber el volumen total de precipitación en estos puntos supera los 1.400 mm.

Todo lo comentado en las lineas anteriores, hacen de este valle un espacio optimo como observatorio de la variabilidad climática, incluyendo no solo requisitos climáticos y ecológicos, sino también locacionales como límite meridional biogeográfico de la especie dentro del continente europeo (Rubio, Blanco, Sanz, Sánchez y Elena, 2003; Gómez-Manzanedo, Roig y Reque, 2008).

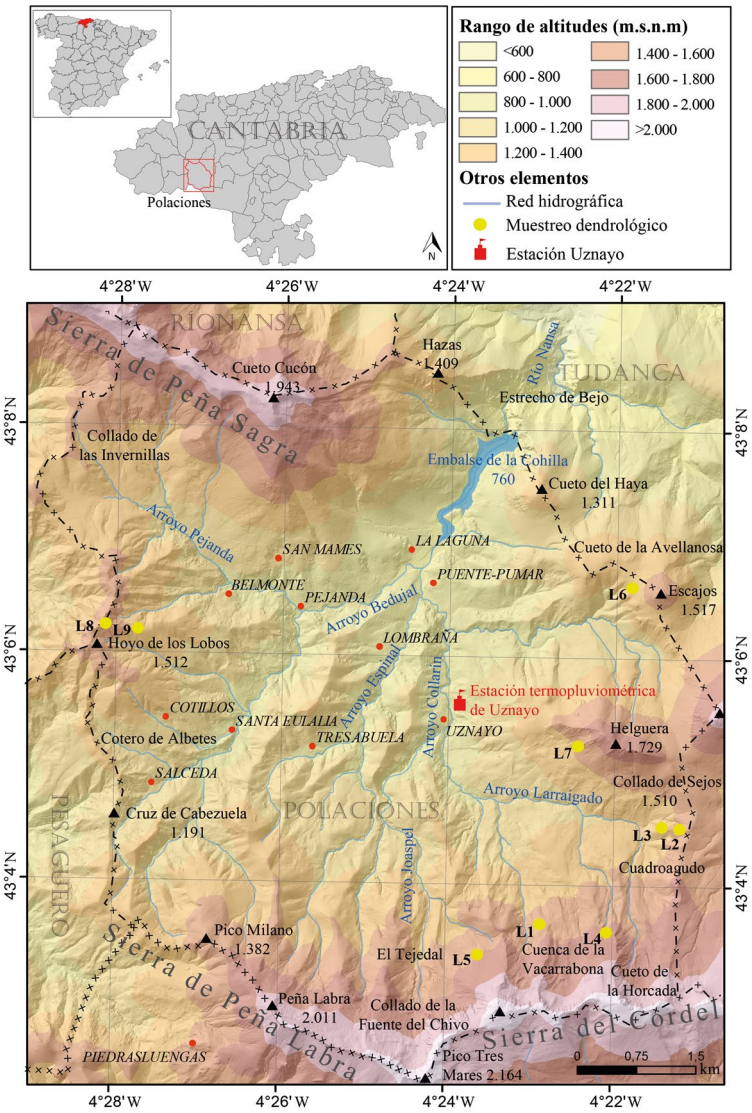
2. Metodología

El trabajo se estructuró en cuatro fases: 1) Selección de puntos de muestreo y extracción de testigos; 2) Tratamiento estadístico y elaboración de cronologías; 3) análisis de la relación crecimiento clima; 4) Reconstrucción climática mediante regresión; 5) Cálculo de periodos y años característicos.

2.1. Selección de puntos de muestreo y extracción de testigos

Se elaboran nueve cronologías de anchura de anillos de *Fagus sylvatica*, seleccionando cada localización de muestreo bajo un criterio que incorpora la mayor diversidad posible de condiciones ecológicas (Fritts, 2012; Hughes, *et al.*, 2011). De este modo se obtiene, con un número limitado de muestras, la máxima representatividad territorial (figura 2).

Figura 2. Zonas de muestreo dendrocronológico en el Valle de Polaciones



Fuente: Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Elaboración propia.

Dentro de cada una de las localizaciones seleccionadas, los árboles muestreados y empleados en el análisis fueron individuos sanos, tanto dominantes como codominantes de las especies analizadas y representativas del ecotopo de análisis, que por lo general se trató de los individuos de mayor porte del punto muestreado ya que aportan información temporal de mayor longitud y, por tanto, mayor registro de variaciones climáticas y/o ambientales (Herrera *et al.*, 2001).

De cada individuo de la muestra pertenecientes a la especie *Fagus sylvatica*, se obtuvieron de uno a dos testigos *(cores)*, extraídos a una altura de la base del tronco de 1,30m, empleando una barrena de incrementos tipo *Pressler* con 40 cm de longitud y un diámetro interior de 5 mm. En total se analizaron 164 *cores* de 94 árboles, que tras su preparación previa (se fijan a un soporte y se lijan hasta poder observar los anillos a simple vista), son estudiados siguiendo los procedimientos y protocolos dendrocronológicos establecidos (Stokes y Smiley, 1968).

2.2. Tratamiento estadístico y elaboración de cronologías

Mediante datación cruzada visual, se validó cada serie en relación al resto de testigos de su zona de muestreo aplicando la técnica de Yamaguchi (1991). Realizada esta datación previa, se pasó a la medición o datación absoluta de los anillos de cada uno de los *cores* extraídos. Este análisis se realizó con una mesa de medición semiautomática LINTAB6, con precisión de 0,001 mm y el software asociado Rinntech TSAP-WIN.

Los estadísticos de validación y *crossdate* de las muestras se realizaron aplicando el programa COFECHA (Holmes, 1983), calculando los valores de correlación entre muestras en tramos de 50 años, considerando como valores no válidos correlación inferiores a 0,32 al no estimarse este valor como significativo (Grissino-Mayer, 2001).

Realizada la datación absoluta de todos los árboles objeto de estudio y descartados estadísticamente aquellos que presentaban anomalías, se procedió con la estandarización y construcción de cronologías de índices de crecimiento. Para ello se aplicó el software estadístico R (R Development Core Team, 2011) en su módulo de funciones dplR (Bunn, 2008). La estandarización supone transformar las series anuales de crecimiento absoluto a índices adimensionales, homogeneizando estadísticos como media y varianza, y eliminando efectos no debidos al clima como son los cambios de crecimiento del árbol resultado del envejecimiento, con el fin de elaborar series estandarizadas en cada espacio de muestreo. Para ello se aplicó previamente un modelo exponencial negativo, para eliminar la tendencia del envejecimiento del árbol y, posteriormente un *spline* cúbico con una ventana de 53 años, óptima para reducir perturbaciones en bosques densos, pero conservando la variabilidad de alta frecuencia fruto de la señal climática (Cook y Kairiukstis, 1990).

La calidad y significación de los principales valores estadísticos obtenidos (tabla 1), se han evaluado mediante la *Expressed Population Signal* (EPS), un valor empleado como indicador de correspondencia entra la varianza de cada cronología con la población teórica, considerándose un umbral válido aquel que supera 0,85 (Wigley, Briffa y Jones, 1984; Gutiérrez, 2009; Speer, 2010).

Se ha considerado importante el cálculo de otros estadísticos como es el coeficiente de autocorrelación (A^1), que indica el peso que tiene el año anterior en el crecimiento del año próximo; el coeficiente de correlación medio (RBAR) del conjunto de series individuales para un intervalo común de tiempo (ventana de 50 años con un solapamiento de 25); y la sensibilidad media (MS), que muestra la variabilidad interanual en el grosor de los anillos (Fritts, 2012). Los valores de éste estadístico, suponen valores de alta significación si superan el valor 0,3; intermedios 0,2 a 0,29 y de baja significación los inferiores a 0,19 (Grissino-Mayer, 2001). A su vez se calcularon los valores de intercorrelacción mediante su expresión a través de una matriz de correlaciones, con el fin de observar si la proyección y tendencia en la regresión es similar en todas las cronologías.

2.3. Análisis de la relación crecimiento-clima

El análisis de la relación del crecimiento, realizado para determinar tanto las variables como los meses más característicos en el crecimiento de la especie, se lleva a cabo mediante la aplicación de la función de correlación sobre las cronologías de índices previamente calculadas en cada uno de los puntos de muestreo. Las variables climáticas mensuales explicativas con las que se calcularon estas funciones fueron

previamente estandarizadas (temperaturas y precipitaciones medias), con la intención de obtener series de índices estacionarios en los cuales sólo se conserva la señal de alta frecuencia (Scheweingruber, 1990; Fritts, 2012; Lebourgeois y Mérian, 2012).

Los datos climáticos de referencia empleados son los registros climáticos medios mensuales de la red *Climatic Research Unit* (CRU) (Harris, Jones, Osborn y Lister, 2014; CRU, 2017). Estos datos, suponen series de un amplio periodo (1901-2015) y con una buena resolución espacial de 0,5º en latitud y longitud. A su vez, han sido muy empleados en estudios e investigaciones tanto de carácter climático como dendrocronológico como las de McGuire, *et al.,* en 2010, o Shi, *et al.,* en 2015. La escasa longitud temporal de la estación de Uznayo (apenas 22 años) nos ha llevado a descartar su utilización en este trabajo pues podría derivar en serios problemas de fiabilidad de cara al análisis climático.

Las funciones calculadas abarcaron el periodo común 1950-2011 a ambas series, dendrocronologías y climáticas, considerado este como el de mayor fiabilidad de los datos CRU, siendo implementados en el software R. Para la determinación de la respuesta climática, se tuvieron en cuenta los valores de la función de correlación que resultasen significativos al presentar valores mayores o menores a +/- 0,24 al nivel de significación $p < 0,05$ (Fritts, Guiot, Gordon y Schweingruber, 1990). La ventana temporal de cálculo de las correlaciones se prolonga 16 meses, del mes de junio del año previo al crecimiento (n-1), hasta agosto del año actual (n) ambos incluidos. El periodo fue considerado atendiendo a estudios previos sobre la fenología de la especie, como sobre otros estudios consultados sobre las relaciones crecimiento-clima (Piovesan, *et al.*, 2003; Piovesan, *et al.*, 2005a; Lebourgeois, 2005; Martinez del Castillo, *et al.,* 2016).

2.4. Reconstrucción climática mediante regresión

La varianza común entre árboles es uno de los parámetros más empleados al evaluar la calidad de las cronologías para las reconstrucciones climáticas (Fritts *et al.*, 1990). Una mayor varianza común entre árboles, indica una fuerte influencia macroambiental en el crecimiento radial. Esta varianza común entre cada una de las cronologías fue evaluada empleando el análisis de regresión múltiple de componentes principales (PCA), (Colley y Lohnes, 1971), sobre el periodo común de las cronologías y los registros climáticos instrumentales del periodo 1950-2011. Este procedimiento generó un modelo o ecuación de transferencia, aplicable a los datos de anillos de árboles para desarrollar la reconstrucción (Fritts, 2012).

La ecuación para reconstruir las variables significativas se estimó por regresión a partir de los valores del primer componente principal (PC1), obtenido de las cronologías residuales que correlacionan significativamente con las variables climáticas contrastadas mediante la función de correlación crecimiento-clima. En este caso fue la variable precipitación para los meses de primavera-verano (abril, mayo, junio, julio y agosto).

La estabilidad de la regresión múltiple se evaluó mediante validación cruzada, dividiendo el periodo común entre los registros de datos climáticos y de crecimiento en dos periodos, uno de calibración y otro de verificación. Los periodos fueron 1950-1980 y 1981-2011, sirviendo cada uno de ellos tanto como período de calibración como de validación.

Para cada ensayo de calibración-verificación, primero se obtuvo la función de transferencia sobre el periodo de calibración y luego se evaluó la bondad de ajuste sobre el período de verificación. La calidad de la medición se evaluó empelando las siguientes métricas: coeficientes de correlación (R), coeficiente de determinación (R^2), reducción de error (RE), coeficiente de eficiencia (CE), error medio cuadrático (MSE) y *The Sign Test* (Cook y Weisberg, 1994). R supone la medida de correlación lineal entre las cronologías y las variables climáticas. R^2 indica cómo se ajustan los datos del modelo estadístico. Valores R^2 de 1 indican que la línea de regresión tendría un ajuste perfecto con los datos, mientras que valore R^2 de 0, indicarían que estos no se ajustan. La CE se diferencia de la RE en que es una medida de la varianza común entre los datos reales y estimados durante el período de verificación mientras que el segundo es una medida de varianza únicamente del período de calibración (Briffa, Jones & Schweingruber, 1988). Ambos estadísticos se utilizan para comparar datos estimados que se asumen como valores iguales a la media del periodo de calibración (Briffa, *et al.*, 1988). MSE estima la diferencia entre el modelo y los valores medidos, mientras que el Sign Test compara el número de tendencias de intervalo de coincidentes (*agreeing)* y no coincidentes (*disagreeing),* de año en año, entre la serie observada y la reconstruida (Fritts *et al.*, 1990; Čufar, Prislan & Gričar, 2008).

2.5. Cálculo de periodos y años característicos

Para su cálculo se partió del conjunto de cronologías individuales de índices de crecimiento y se generó, realizando un promedio de todas ellas, una nueva cronología o serie maestra del área de estudio que incluyó al menos cinco testigos por año.

Sobre ella, se señalaron los denominados "años característicos" por ser valores extremos de los crecimientos anuales de anillos, empleando como criterio para su determinación y cálculo que al menos el 80% de las muestras presente el mismo comportamiento en ese año, así como un cambio de grosor entre años sucesivos que exceda el 20% de su media. A su vez, el empleo de una media móvil de 10 años, permitió establecer el conjunto de años que por sus valores de crecimiento han supuesto en líneas generales periodos favorables y desfavorables al crecimiento para el conjunto de la muestra.

Por otro lado, la estimación de periodos y años característicos (sequías y años con superávit hídrico), fueron calculados también sobre la reconstrucción de las precipitaciones. Se consideraron como años característicos, aquellos cuyos registros suponen valores superiores al percentil 90 (húmedos) o inferiores al percentil 10 (secos), mientras fueron considerados periodos extremos (húmedos o secos) aquellos que presentaban dos o más años consecutivos con valores inferiores al percentil 20 o mayores del 80 (Griggs, Pearson, Manning y Lorentzen, 2014).

3. Resultados

3.1. Características de las cronologías elaboradas

De los 94 árboles muestreados en las 9 localidades y 164 muestras obtenidas, se emplearon 157, superando un gran número de ellas con facilidad los 150 años. Los estadísticos procedentes de las cronologías se muestran en la tabla 1, destacando la señal de la población expresada (EPS), como indicadora de una buena fiabilidad de las cronologías como respuesta del conjunto teórico de la población de cara al análisis climático con valores superiores a 0,85.

Tabla 1. Características y principales estadísticos de las cronologías medias

Crono	N	Alt	Orient	Pend	Periodo	Rw(mm)	RBAR	EPS	A^1	MS
L1	17	1.450	N	20-25º	1772-2011	0,83	0,550	0,934	0,710	0,38
L2	20	1.380	W	20-30º	1720-2011	1,26	0,464	0,893	0,664	0,29
L3	21	1.280	W	30-35º	1578-2011	0,88	0,443	0,847	0,673	0,29
L4	15	1.250	N	15-20º	1793-2011	1,04	0,446	0,908	0,619	0,27
L5	19	1.460	N	20-30º	1783-2011	1,05	0,502	0,915	0,678	0,30
L6	18	1.350	S-SW	25-30º	1703-2011	0,87	0,550	0,929	0,793	0,31
L7	15	1.430	S-SW	20-30º	1682-2011	1,06	0,461	0,869	0,595	0,32
L8	17	1.500	E-NE	>30º	1754-2011	1,17	0,450	0,885	0,624	0,32
L9	15	1.300	E-NE	>35º	1722-2011	0,95	0,499	0,913	0,655	0,29

Abreviaturas: (N) número de muestras por cronología; (Alt) altitud; (Orient) orientación; (Pend) pendiente; (RW mm) anchura media de anillos en milímetros; (RBAR) coeficiente de correlación medio; (EPS) señal de la población Expresada; (A^1) Autocorrelación; (MS) sensibilidad media.

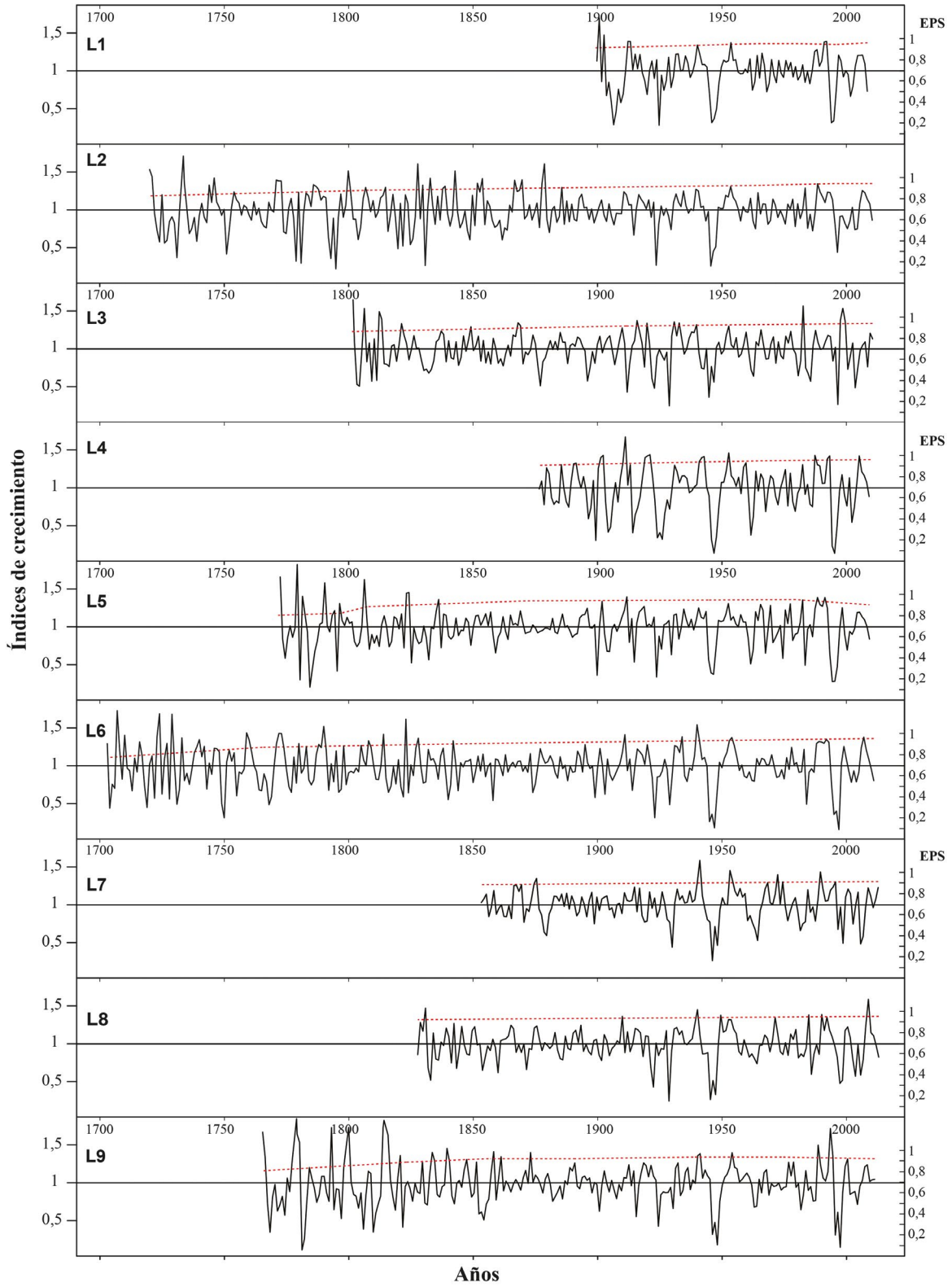
Elaboración propia.

La anchura media de los anillos parece mostrar una alta variabilidad entre las diferentes cronologías medias y es que tanto la diversidad de condiciones topográficas encontradas (altitud, pendiente y orientaciones) como la competencia interespecífica por la luz y el espacio que sucede en el interior de las masas boscosas de *Fagus sylvatica,* condiciona en gran medida el desarrollo del anillo anual. La figura 3, muestra las series de índices de crecimiento calculados en cada una de las localidades de análisis incluyendo al menos 5 testigos por año.

La sensibilidad media (MS), característica de la variabilidad interanual del grosor de los anillos (Fritts, 2012), es decir, de las fluctuaciones de un año con respecto al anterior (fluctuaciones en las altas frecuencias) muestra los valores más elevados en aquellas cronologías ubicadas a mayor altitud (L1, L5, L7, L8), lo que responde al hecho de una mayor exposición y rigurosidad en las condiciones de supervivencia

(Takahashi, Tokumitsu y Yasue, 2005; Takahashi, Okuhara, Tokumitsu y Yasue, 2011) y una respuesta o cambios más claros a las mismas.

Figura 3. Cronología de índices de crecimiento de lffas 9 localidades muestreadas



Elaboración propia.

En la tabla 2, fueron calculados los valores de intercorrelacción entre las diversas cronologías calculadas, mediante su expresión en una matriz de correlaciones. Como se puede ver, en todos los casos la relación establecida entre las variables es de valor positivo indicando que su proyección en la regresión va a tender a crecer conjuntamente.

Los valores de correlación obtenidos entre las diferentes cronologías analizadas son en general elevados, si bien es cierto que el punto muestreado L2 presentó los valores más bajos de intercorrelacción con el resto de series. Los valores más elevados de correlación fueron hallados en líneas generales en los puntos de muestreo ubicados a mayor altitud, como L1, L5, L7 y L8, lo que indica una respuesta muy similar en sus crecimientos.

Tabla 2. Valores de intercorrelacción entre las cronologías analizadas para el periodo común de todas ellas

Cronología	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9
L1	1	0,41	0,58	0,69	0,86	0,81	0,78	0,77	0,50
L2		1	0,29	0,32	0,38	0,43	0,44	0,39	0,29
L3			1	0,60	0,56	0,66	0,57	0,64	0,70
L4				1	0,69	0,77	0,70	0,69	0,65
L5					1	0,86	0,83	0,77	0,56
L6						1	0,79	0,78	0,60
L7							1	0,76	0,52
L8								1	0,62
L9									1

Elaboración propia.

3.2. Análisis de la relación crecimiento clima y reconstrucción climática

En el análisis de las relaciones crecimiento-clima y comenzando por el análisis de los valores de precipitación, los resultados obtenidos destacan una respuesta muy significativa frente a las precipitaciones primaverales, destacando de manera especial el mes de abril del año actual, así como los meses estivales de julio y agosto también del año de desarrollo. Por otro lado, *Fagus sylvatica* parece presentar valores de correlación negativos, aunque no marcada en todas las series frente a la precipitación del mes de enero.

En cuanto a los valores de temperatura media, las series analizadas ofrecen respuestas positivas en relación con las temperaturas de marzo, y también valores de correlación negativos frente a las temperaturas medias elevadas del mes de julio tanto del año actual como del año previo. La figura 4, ofrece los gráficos resultantes del cálculo de la relación crecimiento-clima a través de la función de correlación.

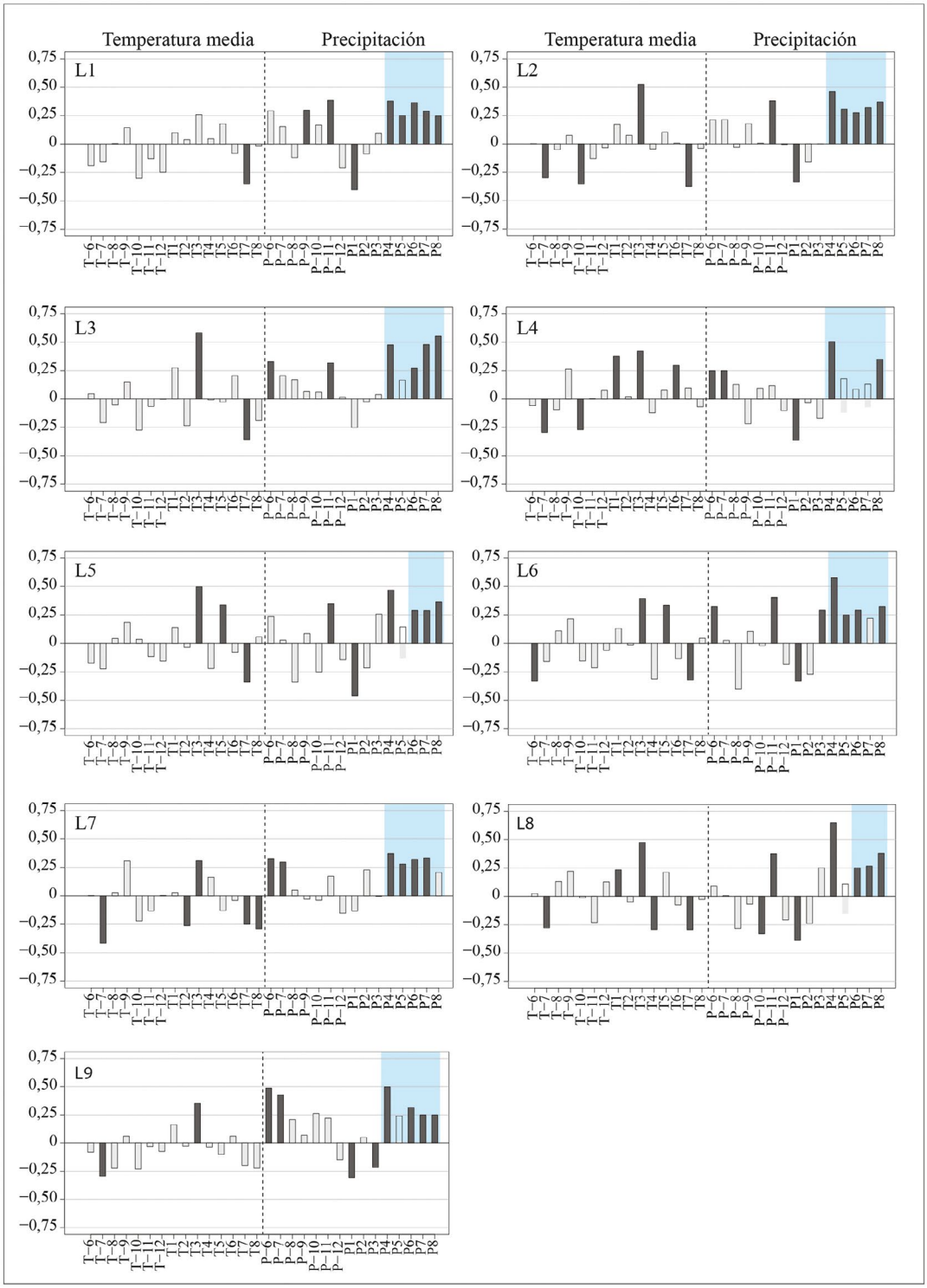
A la vista de los resultados, se ha considerado el periodo de precipitación de abril-agosto como idóneo para elaborar la reconstrucción climática, al tratarse de un continuo de meses con alta significación en los estadísticos obtenidos en la función de correlación con los registros de precipitación, como para permitir una reconstrucción fiable de las variaciones de la precipitación en este periodo en función de los crecimientos observados en las cronologías.

El modelo de transferencia se valida por la correlación (R = 0,67) y el coeficiente de determinación significativo (R^2= 0,45) durante todo el período 1950-2011, lo que significa que aproximadamente el 45% de la variabilidad en el crecimiento de los anillos es explicado por los datos de precipitación de este periodo. Mediante el proceso de calibración / verificación dividida, considerando 1950-1980 y 1981-2011, se probó la solidez temporal, revelando correlaciones significativas para ambos períodos (R=0,64 y R=0,69 respectivamente) y verificando la reconstrucción final (tabla 3). Los valores obtenidos por los estadísticos MSE, RE, CE y *Sign Test* indican fiabilidad y utilidad de cara a la reconstrucción. Para desarrollar la reconstrucción final que abarca 1798-2011, utilizamos un modelo de regresión lineal durante el período de 1950-2011 para reconstruir la serie de precipitaciones como función de los anillos de crecimiento fue:

$$Ppmm_Abr\text{-}Agost = 317{,}34 + 19{,}76 * PC1$$

Donde *Ppmm_Abr-Agost* es la precipitación de inicios desde inicios de primavera (abril) hasta mediados del verano (agosto) para el año t, y PC1 es el valor anual del primer componente principal de las cronologías para el año t en el periodo 1950-2011.

Figura 4. Funciones de correlación crecimiento-clima para la precipitación y la temperatura media



La ventana móvil abarca desde junio del año anterior (*n-1*) hasta agosto del año actual (*n*). Las columnas en color gris oscuro representan aquellas correlaciones superiores a ±0,24 que son estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Elaboración propia.

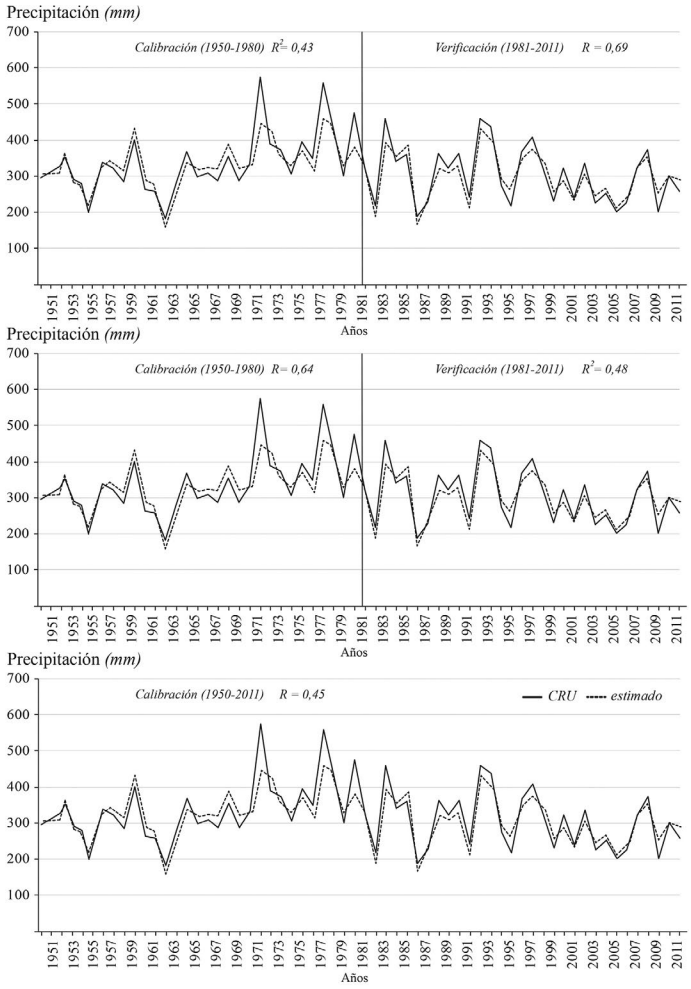
Tabla 3. Estadísticos de calibración/verificación de la reconstrucción de ppmm_Abr-Agost

	1950-1980 Calibración	1981-2011 verificación	1955-1980 calibración	1981-2011 verificación	Periodo 1950-2011
Años	31	31	31	31	62
R	0,64	0,69	0,69	0,64	0,67
R^2	0,43	0,48	0,48	0,43	0,45
MSE	0,37	0,39	0,39	0,37	0,38
CE	0,41	0,39	0,39	0,41	0,41
RE	0,42	0,40	0,40	0,42	0,40
Sign test	21+/10-	18+/13-	21+/10-	18+/13-	39+/23-
Ecuación de regresión para el periodo 1955-2011			Ppmm_ Abr-Agost = 317,34+19,76* PC1		
Porcentaje de varianza explicada: 78,85%					

Elaboración propia.

El primer componente principal (PC_1) de las cronologías analizadas explica el 78,85% de la varianza. En general los valores estimados por la regresión recogen tanto las variaciones de alta como de baja frecuencia observadas en los registros instrumentales, quedando mejor representados los años secos que los húmedos (figura 5).

Figura 5. Serie de precipitaciones observadas y reconstruidas a partir de los anillos de crecimiento, para los meses de abril a agosto en el valle de Polaciones entre el periodo 1950-2011

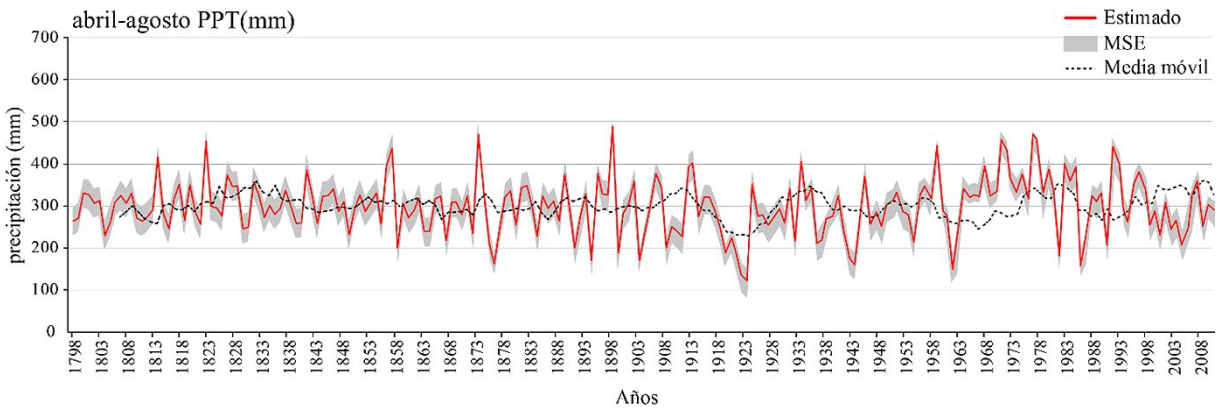


Fuente: datos climáticos red *Climatic Research Unit* (CRU). Elaboración propia.

Una vez calculado el modelo de regresión sobre el periodo común de las observaciones, fue posible llevar a cabo la reconstrucción de la precipitación como función de los anillos de crecimiento (figura 6). Este modelo fue posible extenderlo en el tiempo hasta el año 1798, periodo a partir del cual el estadístico EPS referido a las cronologías descendía por bajo del nivel 0,85 haciéndola no fiable.

Podemos establecer para el periodo abril-agosto en esta área una precipitación media de 317 mm. A su vez, podemos observar una serie de patrones en la precipitación que se asemejan en parte a los de crecimientos reflejados por las cronologías: a) Destaca un siglo XIX marcado por una moderada estabilidad, que se prolonga hasta la década de 1920. b) A partir de 1920 y en toda la centuria, la variabilidad en las precipitaciones se muestra de un modo más notable.

Figura 6. Reconstrucción a partir de anillos de crecimiento de la serie de precipitaciones de abril a agosto para el periodo 1798-2011



La línea discontinua representa una media móvil de 11 años.

Elaboración propia.

Resultan especialmente destacados, los periodos secos observados tanto en los años veinte, cuarenta y noventa, documentados históricamente por presentar periodos con sequías extremas en toda la península. Por otro lado, también encontramos periodos que destacan por lluvias abundantes, especialmente la década de los años treinta y los años setenta.

3.3. Elaboración de la serie de referencia y relación de años y periodos característicos sobre la reconstrucción y la cronología

La construcción de la serie de referencia a partir del conjunto de cronologías, para establecer la relación de años característicos, se extendió hasta el año 1703, periodo a partir del cual no se disponía de un número suficiente de series que dotara de fiabilidad la cronología. Sobre esta, fueron calculados los años característicos para el crecimiento recogido en la figura 7, donde podemos ver una serie de hechos significativos.

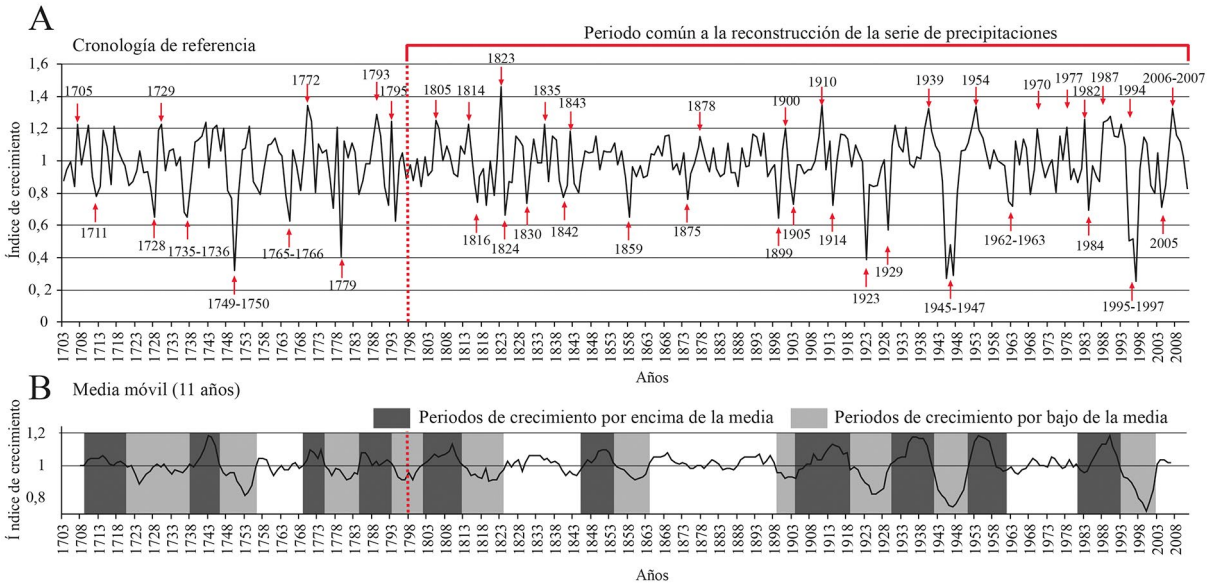
Un siglo XVIII caracterizado por una alta variabilidad en los crecimientos y donde destaca un importante número de periodos y años característicos, resultando especialmente marcado el periodo 1749-1750.

Por otro lado, en el XIX, lo podemos caracterizar como un periodo más regular o de cierta homogeneidad y estabilidad especialmente entre la década de los 60-90, reflejado en un crecimiento de anillos más ajustado a la media, donde únicamente podemos destacar un periodo de mayor variabilidad en torno a 1814-1845.

Por su parte, el siglo XX se caracteriza por una mayor magnitud, duración y número de años característicos tanto favorables como desfavorables reflejados en los crecimientos.

Destacamos especialmente como periodos desfavorables para el crecimiento las décadas de los años 20 y 40, donde en esta última queda patente la gran sequía peninsular producida entre 1945 y 1947, y los 90, donde de nuevo se observa un marcado periodo desfavorable producido nuevamente por las sequías de los años 1995 a 1997. Estos periodos menos favorables de cara al desarrollo de *Fagus sylvatica* encuentran su antítesis en las décadas de los años 30, 50 y 80 que suponen periodos en general favorables al crecimiento de la especie.

Figura 7. A) Cronología maestra para el conjunto de muestras analizadas donde se indican los años identificados como característicos en el crecimiento. B) Media móvil de 11 años que establece periodos de crecimientos medios favorables y desfavorables

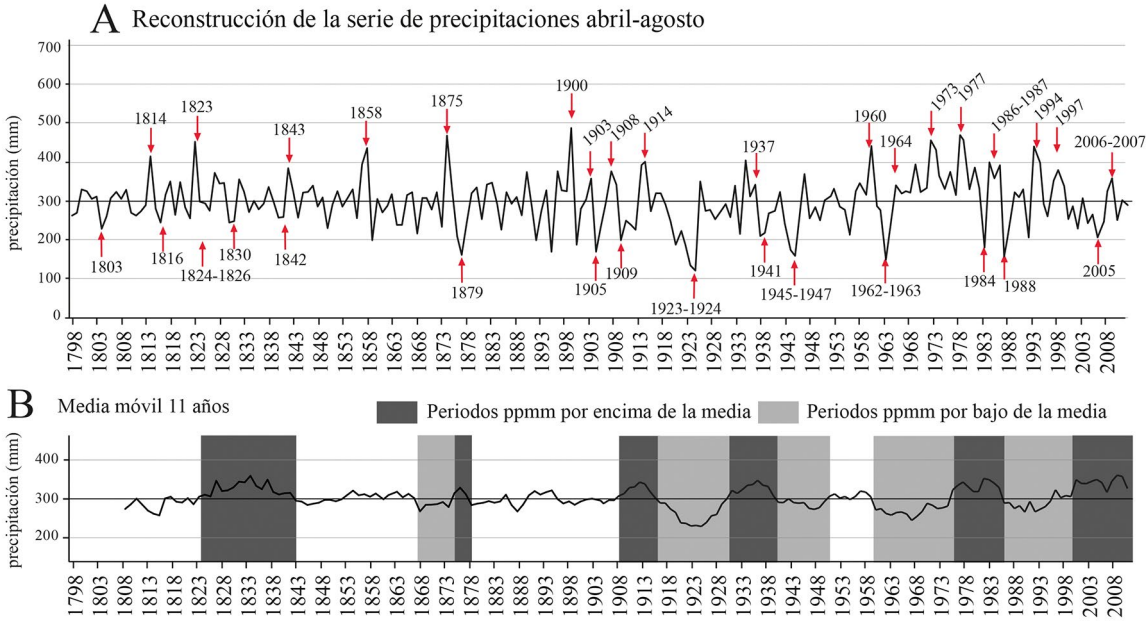


Elaboración propia.

Igualmente, sobre la reconstrucción de precipitaciones se procedió a identificar aquellos años o periodos que presentasen valores extremos en sus registros.

La distribución de estos años y periodos nos deja una escasa representación en el siglo XIX, donde apenas destacamos 5 años con una significación excepcional en cuanto a periodos de lluvia abundante, (1814, 1823, 1843, 1858, 1875), mientras que en el caso de sequías este siglo nos deja un balance muy similar, con apenas 8 años destacables en todo el siglo, el año 1803, 1816, el periodo 1824-1826, 1830, 1842 y 1879.

Figura 8. A) Reconstrucción de la serie de precipitaciones abril-agosto donde se indican los años identificados como característicos. B) Media móvil de 11 años que establece periodos húmedos y secos



Elaboración propia.

En cuanto al siglo XX se produce un aumento en la frecuencia y duración de este tipo de eventos recogiéndose en este siglo el 70% de las observaciones, destacando por igual los años y periodos de precipitación abundante durante estos meses (50%), frente a aquellos con sequías primaveral-estival. Destacan especialmente los años y periodos 1905, 1909, 1923-1924, 1941, 1945-1947, 1962-1963, 1984, 1988 y 2005 como años secos, mientras que lo hacen como periodos o años húmedos 1900, 1903, 1908, 1914, 1937, 1960, 1964, 1973, 1977, 1986-1987, 1994, 1997, 2006-2007.

En último lugar se han puesto en relación los periodos y años característicos observados en la reconstrucción, con aquellos reflejados en los crecimientos de los anillos para tratar de ver si existe una influencia directa o no sobre el crecimiento de los anillos. Esta relación de años se muestra en la tabla 4.

En ella se refleja una relación entre los 38 años característicos obtenidos de la cronología de anillos de crecimiento y los 41 registrados en la reconstrucción de las precipitaciones. Los resultados muestran que 21 años característicos obtenidos son comunes en ambas, indicando que la influencia de la precipitación primaveral-estival parece tener una importancia notable en la determinación de un buen o mal año de cara al crecimiento de los anillos. De los 21 años característicos, la mayoría de los resultados obtenidos son generalmente años (periodos de abril-agosto) aislados, siendo el 70% húmedos y el 30% restante secos.

Tabla 4. Relación de años y periodos significativos (húmedos y secos) comunes a la reconstrucción de la serie de precipitaciones y la cronología de índices de crecimiento

Cronología				**Reconstrucción**			
Siglos XX/XXI	Siglo XIX	Siglos XX/XXI	Siglo XIX	Siglos XX/XXI	Siglo XIX	Siglos XX/XXI	Siglo XIX
húmedos	húmedos	secos	secos	húmedos	húmedos	secos	secos
2006/2007	1878	2005	1899	2006/2007	1875	2005	1879
1994	1843	1995/1997	1875	1997	1858	1988	1842
1987	1835	1984	1859	1994	1843	1984	1830
1982	1823	1962/1963	1842	1986/1987	1823	1962/1963	1824/1826
1977	1814	1945/1947	1830	1977	1814	1945/1947	1816
1970	1805	1929	1824	1973		1941	1803
1954		1923	1816	1964		1923/1924	
1939		1914		1960		1909	
1910		1905		1937		1905	
1900				1914			
				1908			
				1903			
				1900			

El color gris indica periodos o años coincidentes en ambas.

Elaboración propia.

4. Discusión de resultados

A partir de los análisis de la relación crecimiento-clima, los resultados observados en las cronologías revelaron una respuesta climática común en el crecimiento anual, siendo muy llamativa la correlación positiva con las precipitaciones de los meses de inicio de la primavera, especialmente abril, así como los de inicios del verano (junio, julio y agosto).

Esta respuesta positiva en el crecimiento respecto al volumen de precipitación caída especialmente en abril, viene explicado principalmente por un arranque de la actividad metabólica y cambial de la especie *Fagus sylvatica,* evidenciada en estudios anteriores referidos a la actividad del cambium y xylogénesis de la especie, mostrando diferentes tendencias norte-sur (en Europa destacan los trabajos de Eilmann *et al*., 2014. En Eslovenia: Čufar, *et al.*, 2008; Prislan, Schmitt, Koch, Gričar & Čufar, 2011; Prislan, Gričar, de Luis, Smith & Čufar, 2013. En Francia: Michelot *et al*., 2012b. En la República Checa: Vavrcik, Gryc, Mensik y Baar, 2013. En España: Robson, Rasztovits, Aphalo, Alia y Aranda, 2013; Martínez del Castillo *et al*., 2016), donde se establece un periodo de máxima actividad cambial entre abril y julio, para reducirse rápidamente a partir de ahí. Este patrón confirma la dinámica de crecimiento sensible a la sequía, tanto primaveral como estival, ampliamente apoyada por la literatura a lo largo del área de distribución natural de *Fagus sylvatica* en toda Europa (Dittmar *et al*., 2003; Tegel *et al*., 2014); en España (Rozas, 2001;

2006; Rozas *et al.*, 2015; Jump, *et al.,* 2006, 2007; Peñuelas, Ogaya, Boada, Jump, 2007; Tejedor, De Luis, Cuadrat, Esper y Saz, 2016; Tejedor, Saz, Esper, Cuadrat, & Luis, 2017); en Italia (Piovesan *et al.*, 2005a); Francia (Lebourgeois, Breda, Ulrich y Granier, 2005; Michelot *et al.*, 2012a); Alemania (Friedrichs *et al.*, 2009; Scharnweber *et al.*, 2011) o Suecia (Drobyshev *et al.*, 2010).

Sin embargo, los resultados de los análisis de la relación climática con el crecimiento de *Fagus* en este sector de su límite meridional de distribución, no se ajustan exactamente con resultados obtenidos en otros estudios fuera de la península Ibérica como analizan Martínez del Castillo *et al.* 2016, con periodos más reducidos de actividad del cambium y xylogénesis de la especie. De ahí que resulte de gran importancia, dado el corto periodo vegetativo, las precipitaciones estivales pero especialmente la de inicios de la primavera. A su vez, los resultados obtenidos en los trabajos de Rozas *et al.* (2015) y su análisis con más de 30 cronologías repartidas de Este a Oeste por toda la región atlántica peninsular, sirven para apoyar de manera sólida los resultados obtenidos de este estudio. Aquí, parecen ser las precipitaciones de abril las que han demostrado por encima de las precipitaciones estivales, tener una respuesta más influyente en el crecimiento del hayedo en los sectores de montaña atlántica, justificado por los autores en un arranque más temprano de la actividad del cambium y el beneficio que supone una buena disponibilidad de agua en el subsuelo. A su vez, podemos destacar que la relación esperada del crecimiento frente al estrés que puede suponer la escasez de precipitación estival, especialmente en los meses de junio, julio y agosto, parece suponer un factor importante, aunque no ha quedado tan significativamente marcada como se esperaba en el análisis. Este hecho parece ser debido, a la mitigación que genera la prevalencia de condiciones de nubosidad y nieblas (precipitación encubierta), comportándose como los bosques de niebla, y depender de la inmersión en la nube para la mejora del crecimiento y la ganancia de carbono (Rozas *et al.*, 2015). A su vez, esto apoya la hipótesis de que el estrés por sequía no sería tan relevante como se esperaba en su límite de distribución (Tegel *et al.*, 2014), puesto que solo han parecido resultar determinantes en el crecimiento episodios de sequía muy marcados y de fuerte incidencia en la península.

Respecto a la reconstrucción de las precipitaciones realizada y la identificación de eventos extremos, tanto sequías como años lluviosos, muchos de los años registrados como secos (2005, 1963, 1941, 1924, 1909, 1879, 1842, 1824, 1803) y húmedos (1997, 1973, 1937, 1914, 1903) han sido identificados por otros estudios en España, como es el de Tejedor *et al* 2017, para el Sistema Ibérico. En esta misma línea se han encontrado coincidencias en cuanto a los grandes periodos en el trabajo de Génova (2012), en su estudio dendrocronológico en Guadarrama con *Pinus sylvestris*.

Por otro lado, las tendencias observadas en la reconstrucción se ajustan a las observaciones de Andreu *et al.* (2007) que muestran una mayor ocurrencia en España de años extremos en la segunda mitad del siglo XX fruto de un incremento en la variabilidad de la precipitación, también recogido en De Luis *et al.* (2000), Giorgi, Bi & Pal (2004). Asimismo Vicente-Serrano (2006) señala que las sequías más intensas se registraron en las décadas de 1940-1950, 1980 y 1990.

Por último, conviene destacar que, aunque el conjunto de la información de la CRU cubre el período 1901-2015, existen pocos registros instrumentales para representar con fiabilidad las condiciones climáticas específicas de la zona de estudio anteriores a los años 50. Esto genera tendencia a un sesgo (bias) negativo a medida que nos movemos hacia el principio de la serie, debido posiblemente a unos datos menos ajustados al comportamiento climático local. Ello trató de minimizarse acotando los datos al periodo 1950-2011, obteniéndose correlación con la calibración aceptable.

5. Conclusiones

En este estudio, el empleo de las cronologías de anillos de crecimiento, elaboradas a partir de individuos vivos de haya (*Fagus sylvatica*) como proxy para llevar a cabo reconstrucciones de variables climáticas, se ha mostrado como un recurso válido y potente extendido ampliamente en los últimos años (Case y MacDonald, 1995; Flower y Smith, 2011; Cai, Liu y Tian, 2013; Zhang, *et al.,* 2015).

Los buenos valores de correlación obtenidos entre el crecimiento anual y las precipitaciones del periodo abril-agosto permiten reconstruir, mediante análisis regresivo, el régimen de precipitaciones primaverales y estivales de algo más de dos siglos completos, que supera cualquier registro previamente publicado para el área (Montaña Cantábrica Central). Además, en este estudio exploratorio del potencial dendroclimático de *Fagus sylvatica* podemos afirmar que es posible ampliar el registro temporal, seleccionando individuos longevos diseminados por el área que dotarían de robustez las series de crecimientos.

La reconstrucción de 213 años brinda nueva luz sobre la variabilidad y el cambio de las precipitaciones en la región. Su evolución en los últimos dos siglos revela un registro total de 27 años/periodos característicos, definiendo al siglo XIX como un periodo de regularidad y cierta estabilidad de las precipitaciones, donde apenas se registraron el 25% de los años y periodos característicos. Por su parte el XX viene marcado por un aumento en número y duración de los periodos extraordinarios, con una alternancia o frecuencia decenal (periodos húmedos-secos), donde han quedado notablemente marcados los eventos de sequías primaverales y estivales de los periodos 1923-1924, 1945-1947, 1963-1964, 1984 y 1988. La precipitación parece fluctuar a partir de las primeras décadas del siglo XX, alternando perdidos de mayor y menor precipitación.

Por otro lado, la elaboración de la cronología de referencia, a partir del conjunto de 9 cronologías locales, se extiende hasta el año 1703 a partir del cual no se disponía de un número suficiente de series que la dotara de fiabilidad, pese a contar con individuos más longevos. La evolución del crecimiento de los anillos, se ajustó en buena medida a los años característicos obtenidos en la reconstrucción, indicando el fuerte peso que las precipitaciones suponen para el desarrollo anual de los anillos de crecimiento. A su vez este estudio con la aportación de esta cronología proporciona datos paleoclimáticos extendidos para esta área.

Referencias

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2013). *Datos termopluviométricos de la estación meteorológica de Uznayo (Cantabria)*. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, AEMET, Delegación Territorial en Cantabria.

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2016). *Visor del Atlas climático de la Península y Baleares, 1971-2000*. Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente y Rural y Marino, Madrid, Instituto de Meteorología de Portugal. Recuperado de http://agroclimap.aemet.es/#

Andreu, L., Gutierrez, E., Macias, M., Ribas, M., Bosch, O. y Camarero, J.J. (2007). Climate increases regional tree-growth variability in Iberian pine forests. *Global Change Biol.*, 13, 804-815. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01322.x

Biondi, F. (1993). Climatic signals in tree-rings of *Fagus sylvatica L.* from the central Apennines, Italy. *Acta Oecologica,* 14, 57-71. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Franco_Biondi/publication/279895651_Climatic_signals_in_tree_rings_of_Fagus_sylvatica_L_from_the_central_Apennines_Italy/links/5670624c08ae2b1f87ace379.pdf

Biondi, F. & Visani, S. (1996). Recent developments in the analysis of an Italian tree-ring network with emphasis on European beech (*Fagus sylvatica* L.). In J.S. Dean, D.M. Meko, T.W. Swetnam (eds.), *Tree Rings, Environment and Humanity* (pp. 713-725). Retrieved from http://wolfweb.unr.edu/homepage/fbiondi/Biondi&Visani1996.pdf

Bunn, A.G. (2008). A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia*, 26, 115-124. http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2008.01.002

Bradley, R.S. (Ed.) (1990). *Global change in the past.* Colorado: University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), Office for Interdisciplinary Earth Studies.

Briffa, K.R., Jones, P.D. & Schweingruber, F.H. (1988). Summer temperature patterns over Europe: a reconstruction from 1750 AD based on maximum latewood density indices of conifers. *Quaternary Research*, *30*(1), 36-52. https://doi.org/10.1016/0033-5894(88)90086-5

Cai, Q., Liu, Y. & Tian, H. (2013). A dendroclimatic reconstruction of May–June mean temperature variation in the Heng Mounatins, north China, since 1767 AD. *Quaternary international*, 283, 3-10. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.03.034

Camarero, J.J. & Gutiérrez, E. (2004). Pace and pattern of recent treeline dynamics: response of ecotones to climatic variability in the Spanish Pyrenees. *Climatic Change*, *63*(1-2), 181-200. https://doi.org/10.1023/B:CLIM.0000018507.71343.46

Case, R.A. & MacDonald, G.M. (1995). A dendroclimatic reconstruction of annual precipitation on the western Canadian prairies since AD 1505 from *Pinus flexilis* James. *Quaternary Research*, *44*(2), 267-275. https://doi.org/10.1006/qres.1995.1071

Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) (2012). *Modelo Digital del Terreno LIDAR*. Madrid: Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional, Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Recuperado de http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp

Cook, E. & Kairiukstis, L. (1990). *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*. https://doi.org/10.1007/978-94-015-7879-0

Cook, E.R. & Kairiukstis, L.A. (Eds.) (2013). *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. Springer Science and Business Media.

Cook, R.D. & Weisberg, S. (1994). *An Introduction to Regression Graphics*. https://doi.org/10.1002/9780470316863

Colley, W.W. & Lohnes, P.R. (1971). *Multivariate data analysis*. New York: J. Wiley and Sons Inc.

CRU (2017). *Climatic Research Unit*. Retrieved from http://www.cru.uea.ac.uk/data

Čufar, K., Prislan, P. & Gričar, J. (2008). Cambial activity and wood formation in beech (*Fagus sylvatica*) during the 2006 growth season. *Wood Research*, (53), 1-11. Retrieved from http://eprints.gozdis.si/id/eprint/602

De Luis, M.D., Raventós, J., González-Hidalgo, J.C., Sánchez, J.R. & Cortina, J. (2000). Spatial analysis of rainfall trends in the region of Valencia (East Spain). *International Journal of Climatology*, *20*(12), 1451-1469. Retrieved from http://www.unizar.es/mdla/publications_archivos/011_De%20Luis_et_al.,_2000_(IJC).pdf

De Luis, M.D., Brunetti, M., Gonzalez-Hidalgo, J. C., Longares, L. A. & Martin-Vide, J. (2010). Changes in seasonal precipitation in the Iberian Peninsula during 1946-2005. *Global and Planetary Change*, *74*(1), 27-33. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.06.006

Dittmar, C., Zech, W. & Elling, W. (2003). Growth variations of common beech *(Fagus sylvatica L.)* under different climatic and environmental conditions in Europe: a dendroecological study. *Forest Ecology and Management*, 173, 63-78. http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00816-7

Di Filippo, A., Biondi, F., Čufar, K., De Luis, M., Grabner, M., Maugeri, M. & Piovesan, G. (2007). Bioclimatology of beech (*Fagus sylvatica L.*) in the Eastern Alps: spatial and altitudinal climatic signals identified through a tree-ring network. *Journal of Biogeography*, *34*(11), 1873-1892. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01747.x

Di Filippo, A., Biondi, F., Maugeri, M., Schirone, B. & Piovesan, G. (2012). Bioclimate and growth history affect beech lifespan in the Italian Alps and Apennines. *Global change biology*, *18*(3), 960-972. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02617.x

Drobyshev, I., Övergaard, R., Saygin, I., Niklasson, M., Hickler, T., Karlsson, M. & Sykes, M.T. (2010). Masting behaviour and dendrochronology of European beech (*Fagus sylvatica L.*) in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, *259*(11), 2160-2171. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.01.037

Eilmann, B., Sterck, F., Wegner, L., de Vries, S.M., Von Arx, G., Mohren, G.M. & Sass-Klaassen, U. (2014). Wood structural differences between northern and southern beech provenances growing at a moderate site. *Tree physiology, 34*(8), 882-893. https://doi.org/10.1093/treephys/tpu069

Esper, J., Cook, E.R. & Schweingruber, F.H. (2002). Low-frequency signals in long tree-ring chronologies for reconstructing past temperature variability. *Science*, *295*(5563), 2250-2253. https://doi.org/10.1126/science.1066208

Flower, A. & Smith, D.J. (2011). A dendroclimatic reconstruction of June-July mean temperature in the northern Canadian Rocky Mountains. *Dendrochronologia*, *29*(1), 55-63. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2010.10.001

Friedrichs, D.A., Trouet, V., Büntgen, U., Frank, D.C., Esper, J., Neuwirth, B. & Löffler, J. (2009). Species-specific climate sensitivity of tree growth in Central-West Germany. *Trees*, *23*(4), 729-739. https://doi.org/10.1007/s00468-009-0315-2

Fritts, H.C. (2012). *Tree Rings and Climate*. London: Academic Press.

Fritts, H.C., Guiot, J., Gordon, G.A., & Schweingruber, F. (1990). Methods of calibration, verification, and reconstruction. In E.R., Cook & L.A. Kairiukstis (eds), *Methods of Dendrochronology* (pp. 163-217). https://doi.org/10.1007/978-94-015-7879-0_4

Giorgi, F., Bi, X. & Pal, J.S. (2004). Mean, interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe, I. Present-day climate (1961–1990). *Clim. Dynam.*, 22, 733-756. https://doi.org/10.1007/s00382-004-0467-0

Gómez-Manzanedo, M., Roig, S. & Reque, J.A. (2008). Silvicultural characterization of the Cantabrian beech forest: the influence of site conditions and anthropic uses. *Forest Systems, 17*(2), 168-177. http://dx.doi.org/10.5424/srf/2008172-01031

Gutiérrez, E. (1988). Dendroecological study of *Fagus sylvatica L.* in the Montseny mountains (Spain). *Acta Oecologica. Oecología Plantarum*, 9, 301-309.

Gutiérrez, E. (2009). La dendrocronología: métodos y aplicaciones. En X. Nieto i M.A. Cau, (Eds.), *Arqueología nautica mediterrània. Monografies del CASC* (pp. 309-322). Girona: Generalitat de Catalunya.

Griggs, C., Pearson, C., Manning, S.W. & Lorentzen, B. (2014). A 250-year annual precipitation reconstruction and drought assessment for Cyprus from *Pinus brutia* Ten. tree-rings. *International Journal of Climatology*, *34*(8), 2702-2714. https://doi.org/10.1002/joc.3869

Grissino-Mayer, H.D. (2001). Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-ring research*, *57*(2), 205-221. Retrieved from http://hdl.handle.net/10150/251654

Harris, I.P.D.J., Jones, P.D., Osborn, T.J. & Lister, D.H. (2014). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations–the CRU TS3. 10 Dataset. *International Journal of Climatology*, *34*(3), 623-642. https://doi.org/10.1002/joc.3711

Herrera, J., Laskurain, N.A., Olano, J.M., Loidi, J., Escudero, A. y Olano, J.M. (2001). Sucesión secundaria en un abedular-hayedo en el Parque Natural de Urquiola (Vizcaya). *Lazaroa,* 22, 59-66. Recuperado de https://revistas.ucm.es/index.php/LAZA/article/viewFile/LAZA0101110059A/9322

Holmes, R.L. (1983). Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-ring bulletin*, *43*(1), 69-78. Retrieved from http://hdl.handle.net/10150/261223

Hughes, M.K., Swetnam, T.W., Diaz, H.F. (Eds). (2011). Dendroclimatology: Progress and Prospects. Springer: Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5725-0

Jump, A.S., Hunt, J.M. & Peñuelas, J. (2006). Rapid climate change-related growth decline at the southern range-ege of *Fagus sylvatica*. *Global Change Biology*, *12*(11), 2163-2174. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01250.x

Jump, A.S., Hunt, J.M. & Peñuelas, J. (2007). Climate relationships of growth and establishment across the altitudinal range of *Fagus sylvatica* in the Montseny Mountains, northeast Spain. *Ecoscience*, *14*(4), 507-518. https://doi.org/10.2980/1195-6860(2007)14[507:CROGAE]2.0.CO;2

Kharuk, V.I., Dvinskaya, M.L. & Ranson, K.J. (2013). Fire return intervals within the northern boundary of the larch forest in Central Siberia. *International Journal of Wildland Fire*, *22*(2), 207-211. http://dx.doi.org/10.1071/WF11181

Lebourgeois, F. (2005). Approche dendroécologique de la sensibilité du Hêtre (*Fagus sylvatica L.)* au climat en France et en Europe. *Revue Forestiere Francaise*, 1, 33-50. https://doi.org/10.4267/2042/5021

Lebourgeois, F., Breda, N., Ulrich, E. & Granier, A. (2005). Climate-tree-growth relationships of European beech *(Fagus sylvatica L.)* in the French Permanent Plot Network (RENECOFOR). *Trees*, 19, 385-401. https://doi.org/10.1007/s00468-004-0397-9

Lebourgeois, F. & Mérian, P. (2012). *Principes et méthodes de la dendrochronologie.* (Doctoral dissertation, AgroParisTech). Retrieved from https://hal.archives-ouvertes.fr/cel-01627048

López-Moreno, J. I., El-Kenawy, A., Revuelto, J., Azorín-Molina, C., Morán-Tejeda, E., Lorenzo-Lacruz, J., ... & Vicente-Serrano, S.M. (2014). Observed trends and future projections for winter warm events in the Ebro basin, northeast Iberian Peninsula. *Int. J. Climatol.,* 34, 49-60. https://doi.org/10.1002/joc.3665

Luckman, B.H. (1990). Mountain areas and global change: a view from the Canadian Rockies. *Mountain Research and Development, 10*(2), 183-195. https://doi.org/10.2307/3673428

Martinez del Castillo, E., Longares, L. A., Gričar, J., Prislan, P., Gil-Pelegrín, E., Čufar, K. & De Luis, M. (2016). Living on the edge: contrasted wood-formation dynamics in *Fagus sylvatica* and *Pinus sylvestris* under Mediterranean conditions. *Frontiers in Plant Science,* 7, 370. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00370

McGuire, A.D., Ruess, R.W., Lloyd, A., Yarie, J., Clein, J.S. & Juday, G. P. (2010). Vulnerability of white spruce tree growth in interior Alaska in response to climate variability: dendrochronological, demographic, and experimental perspectives. *Canadian Journal of Forest Research*, *40*(7), 1197-1209. https://doi.org/10.1139/X09-206

Michelot, A., Bréda, N., Damesin, C. & Dufrêne, E. (2012a). Differing growth responses to climatic variations and soil water deficits of *Fagus sylvatica*, Quercus petraea and *Pinus sylvestris* in a temperate forest. *Forest ecology and management*, 265, 161-171. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.10.024

Michelot, A., Simard, S., Rathgeber, C., Dufrêne, E. & Damesin, C. (2012b). Comparing the intra-annual wood formation of three European species (*Fagus sylvatica, Quercus petraea* and *Pinus sylvestris*) as related to leaf phenology and non-structural carbohydrate dynamics. *Tree physiology*, *32*(8), 1033-1045. https://doi.org/10.1093/treephys/tps052

Pena-Angulo, D., Cortesi, N., Brunetti, M., and González-Hidalgo, J.C. (2015). Spatial variability of maximum and minimum monthly temperature in Spain during 1981–2010 evaluated by correlation decay distance (CDD). *Theor. Appl. Climatol.*, 122, 35-45. https://doi.org/10.1007/s00704-014-1277-x

Peñuelas, J., Ogaya, R., Boada, M.S. & Jump, A. (2007). Migration, invasion and decline: changes in recruitment and forest structure in a warming-linked shift of European beech forest in Catalonia (NE Spain). *Ecography*, *30*(6), 829-837. https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05247.x

Piovesan, G., Bernabei, M., Di Filippo, A., Romagnoli, M. & Schirone, B. (2003). A long-term tree ring beech chronology from a high-elevation old-growth forest of Central Italy. *Dendrochronologia*, *21*(1), 13-22. https://doi.org/10.1078/1125-7865-00036

Piovesan, G., Biondi, F., Bernabei, M., Di Filippo, A. & Schirone, B. (2005a). Spatial and altitudinal bioclimatic zones of the Italian Peninsula identified from a beech (*Fagus sylvatica* L.) tree-ring network. *Acta Oecologica*, 27, 197-210. http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2005.01.001

Piovesan, G., Di Filippo, A., Alessandrini, A., Biondi, F. & Schirone, B. (2005b). Structure, dynamics and dendroecology of an old-growth *Fagus* forest in the Apennines. *Journal of Vegetation Science,* 16, 13-28. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2005.tb02334.x

Piutti, E. & Cescatti, A., (1997). A quantitative analysis of the interactions between climatic response and intraspecific competition in European beech. *Canadian Journal of Forest Research*, 27, 277-284. https://doi.org/10.1139/x96-176

Prislan, P., Schmitt, U., Koch, G., Gričar, J. & Čufar, K. (2011). Seasonal ultrastructural changes in the cambial zone of beech *(Fagus sylvatica)* grown at two different altitudes. *Iawa Journal*, *32*(4), 443-459. Retrieved from http://booksandjournals.brillonline.com/content/journals/10.1163/22941932-90000070

Prislan, P., Gričar, J., de Luis, M., Smith, K. T. & Čufar, K. (2013). Phenological variation in xylem and phloem formation in Fagus sylvatica from two contrasting sites. *Agricultural and forest meteorology*, 180, 142-151. http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.06.001

R Development Core Team (2011). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: the R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from http://www.R-project.org/.

Raso, J.M. (1997). The recent evolution of mean annual temperatures in Spain. *Advances in Historical Climatology in Spain. Vilassar de Mar: Oikos-tau.* 201-223.

Robson, T.M., Rasztovits, E., Aphalo, P.J., Alia, R. & Aranda, I. (2013). Flushing phenology and fitness of European beech (*Fagus sylvatica L.*) provenances from a trial in La Rioja, Spain, segregate according to their climate of origin. *Agricultural and forest meteorology*, 180, 76-85. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.05.008

Rodrigo, F.S., Esteban-Parra, M.J., Pozo-Vázquez, D. & Castro-Diez, Y. (1999). A 500-year precipitation record in southern Spain, *Int. J. Climatol*, 19, 1233-1253. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Fernando_Rodrigo2/publication/228553409_A_500year_precipitation_record_in_Southern_Spain/links/09e4150bf0af7d316d000000.pdf

Rozas, V. (2001). Detecting the impact of climate and disturbances on tree-rings of *Fagus sylvatica L.* and *Quercus robur L.* in a lowland forest in Cantabria, Northern Spain. *Annals of Forest Science*, 58, 237-251. http://dx.doi.org/10.1051/forest:2001123

Rozas, V. (2006). Characterization and analysis of climatic signal in chronologies of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. in the central Cantabrian region, Spain. *Forest Systems*, *15*(2), 182-196. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Vicente_Rozas/publication/279479060_Characterization_and_analysis_of_climatic_signal_in_chronologies_of_Fagus_sylvatica_L_and_Quercus_robur_L_in_the_central_Cantabrian_region_Spain/links/5673c4f308aee7a4274589fa.pdf

Rozas, V., Camarero, J. J., Sangüesa-Barreda, G., Souto, M. & García-González, I. (2015). Summer drought and ENSO-related cloudiness distinctly drive *Fagus sylvatica* growth near the species rear-edge in northern Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 201, 153-164. http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.11.012

Rubio, A., Blanco, A., Sanz, V. G., Sánchez, O. y Elena, R. (2003). Autoecología paramétrica de los hayedos de Castilla y León. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, *12*(1), 87-110. Recuperado de https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2485

Scharnweber, T., Manthey, M., Criegee, C., Bauwe, A., Schröder, C. & Wilmking, M. (2011). Drought matters-Declining precipitation influences growth of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. in north-eastern Germany. *Forest Ecology and Management*, *262*(6), 947-961. http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2011.05.026

Scharnweber, T., Manthey, M. & Wilmking, M. (2013). Differential radial growth patterns between beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) on periodically waterlogged soils. *Tree physiology*, *33*(4), 425-437. https://doi.org/10.1093/treephys/tpt020

Schweingruber, F.H. (1990). *Anatomy of European woods.An atlas for the identification of European trees, shrubs and dwarf shrubs*. Berne: Paul Haupt.

Schweingruber, F.H. (2012). *Trees and wood in dendrochronology: morphological, anatomical, and tree-ring analytical characteristics of trees frequently used in dendrochronology*. Verlag, Berlin, Germany: Springer Science and Business Media.

Shi, C., Masson-Delmotte, V., Daux, V., Li, Z., Carré, M. & Moore, J.C. (2015). Unprecedented recent warming rate and temperature variability over the east Tibetan Plateau inferred from Alpine treeline dendrochronology. *Climate Dynamics*, *45*(5-6), 1367-1380. https://doi.org/10.1007/s00382-014-2386-z

Speer, J.H. (2010). *Fundamentals of tree-ring research*. Tucson: University of Arizona Press.

Stokes, M.A. & Smiley, T.L. (1968). *An Introduction to Tree-ring Dating*. Chicago: The University of Chicago Press.

Takahashi, K., Tokumitsu, Y. & Yasue, K. (2005). Climatic factors affecting the tree-ring width of *Betula ermanii* at the timberline on Mount Norikura, Central Japan. *Ecological Research, 20*(4), 445-451. https://doi.org/10.1007/s11284-005-0060-y

Takahashi, K., Okuhara, I., Tokumitsu, Y. & Yasue, K. (2011). Responses to climate by tree-ring widths and maximum latewood densities of two *Abies* species at upper and lower altitudinal distribution limits in central Japan. *Trees*, *25*(4), 745-753. https://doi.org/10.1007/s00468-011-0552-z

Tardif, J., Camarero, J.J., Ribas, M. & Gutiérrez, E. (2003). Spatiotemporal variability in tree growth in the Central Pyrenees: climatic and site influences. *Ecological Monographs*, *73*(2), 241-257. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/3100016?seq=1#page_scan_tab_contents

Tegel, W., Seim, A., Hakelberg, D., Hoffmann, S., Panev, M., Westphal, T. & Büntgen, U. (2014). A recent growth increase of European beech (*Fagus sylvatica* L.) at its Mediterranean distribution limit contradicts drought stress. *European Journal of Forest Research*, *133*(1), 61-71. https://doi.org/10.1007/s10342-013-0737-7

Tejedor, E., De Luis, M., Cuadrat, J.M., Esper, J. & Saz, M.Á. (2016). Tree-ring-based drought reconstruction in the Iberian Range (east of Spain) since 1694. *International journal of biometeorology*, *60*(3), 361-372. https://doi.org/10.1007/s00484-015-1033-7

Tejedor, E., Saz, M. A., Esper, J., Cuadrat, J. M., & Luis, M. (2017). Summer drought reconstruction in northeastern Spain inferred from a tree ring latewood network since 1734. *Geophysical Research Letters*, *44*(16), 8492-8500. https://doi.org/10.1002/2017GL074748

Vavrcik, H., Gryc, V., Mensik, L. & Baar, J. (2013). Xylem formation in *Fagus sylvatica* during one growing season. *Dendrobiology*, 69, 69-75. http://dx.doi.org/10.12657/denbio.069.008

Vicente-Serrano, S.M. (2006). Spatial and temporal analysis of droughts in the Iberian Peninsula (1910–2000). *Hydrolog. Sci. J.,* 51, 83-97. https://doi.org/10.1623/hysj.51.1.83

Wigley, T.M., Briffa, K.R. & Jones, P.D. (1984). On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. *Journal of climate and Applied Meteorology*, *23*(2), 201-213. http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(1984)023<0201:OTAVOC>2.0.CO;2

Yamaguchi, D. K. (1991). A simple method for cross-dating increment cores from living trees. *Canadian Journal of Forest Research*, *21*(3), 414-416. https://doi.org/10.1139/x91-053

Zhang, R.B., Yuan, Y.J., Wei, W.S., Gou, X.H., Yu, S.L., Shang, H.M., ... & Qin, L. (2015). Dendroclimatic reconstruction of autumn–winter mean minimum temperature in the eastern Tibetan Plateau since 1600 AD. *Dendrochronologia*, 33, 1-7. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2014.09.001

Nº 69, enero-junio de 2018, pp. 159-178.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO2018.69.10

Investigaciones Geográficas
Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante

Cita bibliográfica: Palazón Botella, M. D. (2018). El paisaje industrial de la minería en la Región de Murcia: Análisis de un referente patrimonial por valorar. *Investigaciones Geográficas,* (69), 159-178. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.10

El paisaje industrial de la minería en la Región de Murcia: Análisis de un referente patrimonial por valorar

The mining industrial landscape in the Region of Murcia: An analysis of a heritage reference to be assessed

Mª Dolores Palazón Botella[1]

Resumen

El paisaje es un elemento multidisciplinar en donde el ámbito patrimonial se ha consolidado como un aporte que ha permitido refrendar con mayor entidad sus valores culturales, dentro de los cuales los industriales han adquirido protagonismo. La Región de Murcia conserva un paisaje industrial rico e importante, legado de las explotaciones mineras de Cartagena-La Unión y Mazarrón, sobre el que se han planificado una serie de medidas destinadas a salvaguardarlo para consolidarlo como un referente de su patrimonio. El objetivo de este trabajo es analizarlas, reflexionar sobre su aplicación y estudiar su impacto con el cometido de conocer la efectividad que han tenido. Para ello se ha elaborado y aplicado una ficha propia destinada a determinar el estado en el que se encuentra, aspecto que se ha completado con la realización de un análisis DAFO que ha remarcado los principales aspectos que influyen en su situación actual. Cuestiones que se han acompañado de una disertación previa destinada a contextualizar los aportes paisajísticos del patrimonio industrial. Los resultados obtenidos demuestran que lo llevado a cabo es insuficiente para lograr su conservación y que es necesario implementar nuevas acciones que reviertan la situación generada por decisiones ineficaces y propuestas aplazadas.

Palabras clave: Paisaje industrial; patrimonio industrial; minería; territorio; Región de Murcia; salvaguarda; protección; recuperación.

Abstract

Landscape is a multidisciplinary element in which the field of heritage has become a contribution that has helped support its cultural values with an enhanced status, amongst which those related to industry have gained importance. The Region of Murcia preserves a rich and significant industrial landscape, the legacy of the mining operations of Cartagena-La Unión and Mazarrón, for which a series of measures have been taken to safeguard and consolidate it as a heritage reference. The objective of this study is to analyse them, consider their implementation and study their impact in order to determine how effective they have been. For this reason, a specific file has been created and used to determine its current status, a point that has been completed with a SWOT analysis that has highlighted the main aspects that influence its current situation. A previous dissertation that focused on these issues, aimed at putting the landscape contributions of industrial heritage into context. The results obtained show that what has been carried out is not enough to conserve them and that new action must be taken to reverse the situation generated by inefficient decisions and delayed proposals.

1 Departamento de Historia del Arte, Universidad de Murcia, España. mdolorespb@um.es

Recepción: 18/02/2017. **Aceptación:** 30/10/2017. **Publicación:** 13/06/2018.

Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Key words: Industrial landscape; industrial heritage; mining; territory; Region of Murcia; safeguard; protection; recovery.

1. Introduccción

El paisaje cultural se ha convertido en una categoría patrimonial reconocida e impulsada mediante diversas actuaciones que han buscado enfatizar la conexión entre el hombre y el territorio. Ello está permitiendo a sustratos como el industrial, asociado a entornos degradados, disponer de una nueva oportunidad. Como ejemplifica el paisaje minero que la Región de Murcia alberga en los municipios de Cartagena, La Unión y Mazarrón. Lugares donde esta actividad se convirtió en una seña de identidad que se ha comenzado a abordar bajo el prisma del patrimonio cultural.

1.1. Estado de la cuestión: El paisaje industrial como patrimonio cultural

Todo comenzó a fraguarse en 1954, dentro de la "Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura" (UNESCO), con la "Convención para la Protección de los Bienes Culturales en caso de Conflicto Armado", donde se adoptó el concepto de bien cultural para referirse a los elementos que conforman el patrimonio, denominado a partir de entonces patrimonio cultural.

Este aporte sería enfatizado en 1972, en la "Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural" de la UNESCO, con la que se inauguró la Lista de Patrimonio de la Humanidad (LPH), englobando monumentos, así como conjuntos y lugares. Categorías que permitían considerar bajo sus principios al paisaje y la naturaleza[2]. Y que abrirían la puerta del patrimonio a todos los bienes que tuvieran valor excepcional, como representan los surgidos de la industrialización.

No en vano en Inglaterra, desde los años 60, se venía impulsando la arqueología industrial, lo que posteriormente sería el patrimonio industrial. Una iniciativa que tuvo también su respuesta social, en la defensa del pórtico de la estación de Euston (1962). Y que se vio respaldada con el museo "Ironbridge Gorge Museum" (1968), donde se iniciaron los congresos internacionales de los que surgiría, en 1978, "The International Committe for the Conservation of the Industrial Heritage" (TICCIH)[3] (Aguilar, 1998).

Ese mismo año, 1978, la UNESCO incluía en la LPH a las minas de sal de Wieliczka (Polonia), las cuales, según los criterios emanados de la convención de 1972, tuvieron que acogerse a una de las figuras reflejadas: bien cultural, natural o mixto (para aquellos que combinaran ambos aportes), optándose por la de cultural. A partir de entonces diversos organismos e instituciones abordarían la compleja tarea de incidir en la necesidad de actuar sobre los bienes industriales en todas sus vertientes, incluidos entornos y paisajes[4].

Así la UNESCO, durante la "16ª sesión del Comité del Patrimonio Mundial" (1992), introdujo dentro de los bienes culturales el paisaje cultural. Este paisaje, atendiendo a sus principios, se concibe como una ilustración que permite aproximarse a la evolución de la sociedad y conocer las relaciones que se han establecido entre el hombre y el entorno a través de varias categorías (figura 1). Al año siguiente esta figura sería inaugurada con el parque nacional de Tongariro (Nueva Zelanda).

Y el CdE impulsaría su consideración a través del "Convenio Europeo del Paisaje" (Florencia, 2000)[5], donde se fusionaron patrimonio cultural y natural al apostar por una visión integral del paisaje. Por ello su definición de paisaje, no de paisaje cultural, resultaba amplia y rompía los esquemas tradicionales del mismo: "(…) cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos".

---

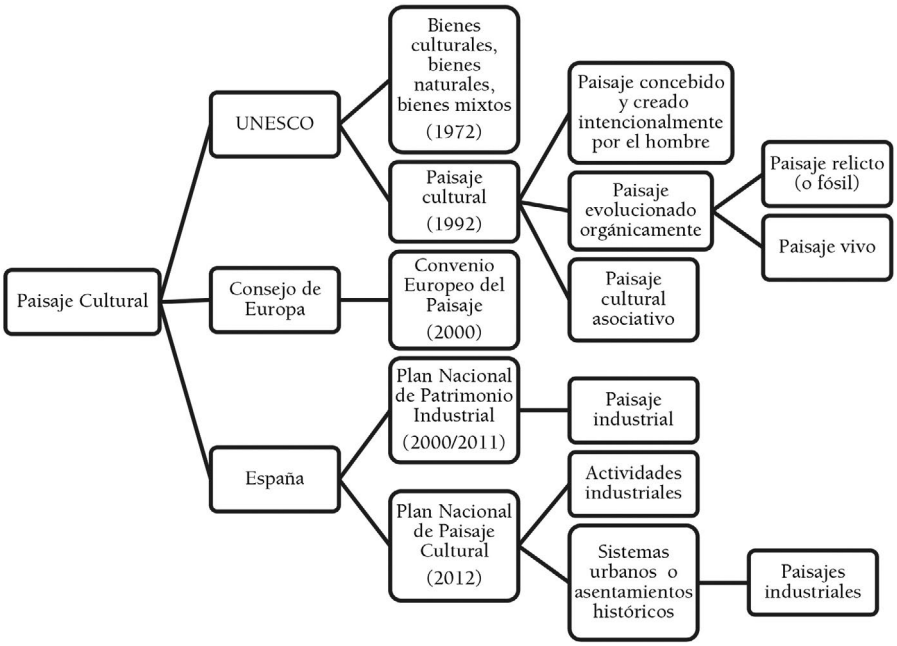
2 Fue en los conjuntos donde se incluyó la cuestión paisajística, pues se consideró que estarían formados por: "grupos de construcciones, aisladas o reunidas, cuya arquitectura, unidad e integración en el paisaje les dé un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia". Aspecto que también formaría parte los lugares, pues englobarían las obras del hombre o del hombre y la naturaleza, y las zonas excepcionales por sus valores históricos, estéticos, etnológicos o antropológicos.

3 Este organismo internacional tiene secciones en varios países, caso de España.

4 El Consejo de Europa (CdE) adoptaría diversas recomendaciones para incidir en la necesidad de potenciar la arqueología industrial (1979), actuar sobre las ciudades industriales europeas (1987) y proteger el patrimonio técnico, industrial y de ingeniería (1990). A ello se añadió que durante la "II Conferencia Europea de ministros responsables del Patrimonio Arquitectónico" (1985, Granada) se amplió la consideración del patrimonio arquitectónico incluyendo, entre otros, la arquitectura técnica e industrial y sus entornos (Palazón, 2016).

5 El interés hacia el aspecto cultural del paisaje ya había quedado apuntado en la "Carta del Paisaje Mediterráneo" (Sevilla, 1992), donde se indicó que el paisaje era el resultado del modelaje que dejaban en el territorio los factores sociales, económicos y culturales, definiéndose como: "(…) la combinación de los aspectos naturales, culturales, históricos, funcionales y visuales".

Figura 1. Resumen principales actuaciones en el área patrimonial del paisaje



Fuente: UNESCO, Consejo de Europa e IPCE. Elaboración propia.

Mientras que el TICCIH aprobaría la "Carta de Nizhny Tagil sobre el Patrimonio Industrial" (2003), donde fijaría que este patrimonio "(…) se compone de los restos de la cultura industrial que poseen un valor histórico, tecnológico, social, arquitectónico o científico". Y recogería su paisaje de una forma expresa. Así fijó que es la manifestación de una actividad industrial dotada, por ello, de un valor especial. Sobre el cual se hacía necesario impulsar registros y potenciar su protección, a través de unas medidas legales que debían ser particulares para adaptarse a sus necesidades, pues las mismas debían facilitar la protección tanto de las edificaciones, como de los elementos subterráneos y los paisajes.

Poco después se presentaban las orientaciones para aplicar el "Convenio Europeo del Paisaje" (2008). En ellas se estableció la necesidad de defender y proteger los espacios más destacados, incluyéndose entre los elementos a considerar los vinculados a la arqueología industrial. Un patrimonio sobre el que España había comenzado a actuar.

1.2. El paisaje industrial como patrimonio cultural en el ámbito español

A raíz de la campaña "Europa, un patrimonio común"[6], que en 1999 el CdE focalizó en el patrimonio industrial, en España se activaría el "Plan Nacional de Patrimonio Industrial"[7] (PNPI), por parte del "Instituto del Patrimonio Cultural de España" (IPCE) (Fernández-Posse, 2007). Este Plan desglosó en 3 sus tipos de bienes industriales: elementos aislados, conjuntos industriales y paisajes industriales. Sobre los últimos indicaba que se trataba de territorios que custodiaran las huellas del proceso industrial que habían albergado, algo que manifiestan magníficamente las zonas mineras.

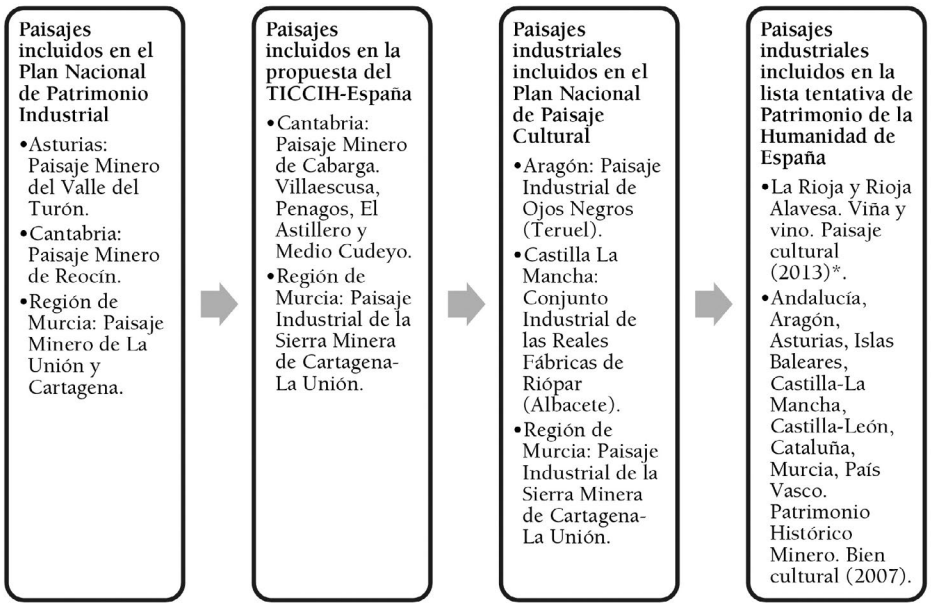
En él se incluyeron 49 bienes. De los cuales Murcia seleccionó 3: el embarcadero de mineral del Hornillo (Águilas), el Arsenal (Cartagena) y el paisaje minero de La Unión y Cartagena. Junto a este último se remarcó también la consideración de paisaje para otros bienes mineros. Esta cuestión exige una matización: no quiere decir que el aspecto paisajístico solo estuviera en estos referentes, pues está inherente en gran parte de los seleccionados, como el conjunto industrial textil de Béjar (Salamanca), las colonias industriales del Llobregat (Cataluña) o las minas de Riotinto (Huelva), por citar algunos casos, solo que en ellos se incluyó este aporte al ser considerado un elemento a valorar explícitamente que se vio refrendado en su denominación (figura 2).

6 Esta campaña se celebra anualmente y se centra en dar a conocer el patrimonio de la Unión Europea.
7 Se trata de un plan de gestión patrimonial que busca canalizar los esfuerzos de entidades diversas, con el objetivo de lograr la plena recuperación y consolidación del patrimonio sobre el que se proyecta.

En 2011 el PNPI[8] se revisó, desglosándose sus componentes de nuevo en 3 estratos diferentes a los anteriores, pues ahora se enmarcaron en: inmuebles (elementos industriales, conjuntos industriales, paisajes industriales, sistemas y redes industriales), muebles (artefactos, utillaje, mobiliario y accesorios del entorno social del trabajo, archivos) e inmaterialidad (entidades de memoria de industria). En el caso del paisaje industrial amplió su consideración, al indicar que se trataba de un elemento de carácter evolutivo, que conservaba en el territorio todos los componentes esenciales para el desarrollo de una o varias actividades industriales, viéndose como: "(…) un escenario privilegiado para la observación de las transformaciones y los usos que las sociedades han hecho de sus recursos". Y se incluyó un programa de actuaciones, donde el paisaje industrial debía adquirir mayor protagonismo, instando a impulsar su protección por parte de las comunidades autónomas (CC.AA). Así como se insistía en invertir en la recuperación de los más importantes del país.

Su desarrollo coincidió en el tiempo con la exposición y publicación, por parte de TICCIH-España, de los "100 Elementos del Patrimonio Industrial en España" (Biel y Cueto, 2011). Un aporte que el IPCE pasó a considerar como un complemento de su inventario previo en la nueva etapa del PNPI. En el caso de Murcia, se remarcaron los ya citados y el conjunto minero del Cabezo de San Cristóbal y de los Perules (Mazarrón) (figura 2).

Figura 2. Relación de paisajes industriales



*Este paisaje es el germen de la actividad industrial vitivinícola y está considerado como una referencia cultural y natural de la misma.

Fuente: IPCE, UNESCO y TICCIH-España. Elaboración propia.

La consideración industrial del paisaje también tuvo cabida en "Plan Nacional de Paisaje Cultural" (PNPC), de 2012. Donde dentro de sus categorías se estableció la de actividades industriales (minería, gran industria, energía, etc.), a la cual se adheriría el paisaje industrial. Así como la de sistemas urbanos o asentamientos históricos con protagonismo para la construcción de determinados paisajes a lo largo del tiempo. La Región de Murcia sumó al mismo el paisaje cultural del Valle de Ricote y el paisaje industrial, pues no se empleó el aspecto cultural, de la Sierra Minera de Cartagena-La Unión, referente que pasaba a estar en los dos Planes[9], como el embarcadero del Hornillo[10] (figura 2).

La activación de todas estas medidas lograría el reconocimiento paisajístico del patrimonio cultural, donde el industrial tuvo cabida (figura 1). Así lo demuestra el que actualmente la UNESCO tenga 33 bienes inscritos como paisajes culturales en la LPH bajo esta figura concreta, y 55 han visto aumentada

8 Dentro de sus aportaciones se enmarca la "Carta del Bierzo" sobre patrimonio minero, donde el paisaje no tuvo una consideración específica.
9 El IPCE ha presentado recientemente un nuevo documento sobre el PNPI, donde la Región de Murcia ha incluido las Salinas Reales de Calasparra.
10 El embarcadero del Hornillo también se incluyó en él, si bien no aparece en el documento del Plan lo hace en el desglose de actuaciones.

su distinción inicial con ella, entre los que destaca para nuestro estudio, al aglutinar la consideración de paisaje cultural junto a la de industrial, el ejemplo de Fray Bentos (Uruguay)[11].

España tiene su cuota de reconocimiento en esta partida, con bienes incluidos o en espera, como es el caso de la candidatura sobre el patrimonio histórico minero que recoge el sustrato de la minería de Andalucía, Aragón, Asturias, Islas Baleares, Castilla-La Mancha, Castilla-León, Cataluña, Murcia y País Vasco, la cual opta a ser incluida desde 2007 en el rango cultural sin matizar la distinción de paisaje, aunque es uno de sus aportes más significativos, como testimonian las explotaciones mineras abandonadas en la Región de Murcia (figura 2).

1.3. La Región de Murcia como marco territorial para el estudio del paisaje industrial

La Región de Murcia, ubicada en el sudeste peninsular, con una extensión de 11.313 Km^2, aglutina un sustrato mineralógico de gran entidad debido a su privilegiada situación en el lado oriental de la cordillera Bética. Su relieve se conforma a través de varias sierras, dispuestas siguiendo la dirección general de la cordillera, entre las que destacan para nuestro estudio las próximas a la costa, como son la Sierra de Almenara, que discurre por Águilas, Lorca y Mazarrón; y la Sierra Minera, que converge entre Cartagena, La Unión y Cabo de Palos. En ellas se custodiaba Zn, Fe, Pb y Ag, entre otros, una riqueza minera que ha surtido a las diversas civilizaciones que han explotado su subsuelo desde la Antigüedad. Todo ello asentaría una base que sería recuperada con fuerza en el XIX, tras el descubrimiento en 1838 del Filón Jaroso en la Sierra Almagrera (Almería), momento en el que se produjo una fiebre minera que irradiaría por el sur peninsular, como testimonian los casos de Rodalquilar (Almería), Pueblonuevo (Córdoba), Riotinto o el distrito minero de Linares-La Carolina (Jaén). Murcia participaría de este proceso y la actividad se retomaría especialmente en los actuales municipios de: Águilas (Fe, Pb, Ag, Zn, Cu), Lorca (S, Sr, Pb, Zn, Fe, Cu), Mazarrón (Pb, Ag, Zn, Fe, Mn, Cu), y la zona de confluencia de La Unión y Cartagena (Pb, Ag, Zn, Fe, Mn, Cu, Sn)[12] (Pérez de Perceval, Manteca y López, 2010). Siendo en los últimos donde esta actividad emergería con gran fuerza, manteniéndose hasta los años 80 del siglo XX.

Durante su explotación se emplearon diferentes recursos y estrategias de trabajo que irían desde la tradicional minería subterránea a la explotación a cielo abierto. Ello dejaría una amplia variedad de elementos vinculados al patrimonio industrial a tener en cuenta. Entre los cuales se encontraría un sustrato paisajístico particular y único que ha merecido que parte sea declarado bien de interés cultural (BIC), y se incluya en las actuaciones de los planes del IPCE, al aportar un testimonio singular y notable del sector minero en un territorio que, a menudo, es infravalorado desde el punto de vista industrial (Martínez, 2002).

Sin embargo, y quizás debido a esa falta de consideración, la Ley 4/2007 de 16 de marzo, de Patrimonio Cultural de la C.A. de la Región de Murcia no trató de forma específica al patrimonio industrial[13]. Mientras que el paisaje fue uno de los elementos introducidos, lo que abrió paso a la protección del paisaje cultural[14]. Si bien ello no repercutió en la consideración concreta de paisaje dentro de las categorías de los BICS[15]. Pero sí que acabó tratándose en un título propio, el IV, denominado "Planes de Ordenación del Patrimonio Cultural".

Estos planes se activarían por la consejería que tuviera las competencias del patrimonio cultural, en la actualidad la "Consejería de Turismo, Cultura y Medio Ambiente", con la colaboración de la ordenación del territorio[16], en estas fechas la "Consejería de Presidencia y Fomento", en las áreas en las que confluyeran valores arqueológicos, paleológicos o paisajístico-culturales, con el cometido de preservarlos, estudiarlos, disfrutarlos y legarlos. Dentro de ellos los paisajes culturales estarían conformados por aquellos que tuvieran consideraciones históricas, artísticas, estéticas, etnográficas, antropológicas, técnicas o industriales, junto con recursos naturales o culturales que requirieran de una planificación especial. Sin duda este aporte resultaba interesante y nacía con la intención de ayudar a la consolidación del paisaje

11 Tomando como referencia el año 2016.

12 Zn=zinc; Fe=hierro; S=azufre; Pb=plomo; Ag=plata; Cu=cobre; Sr=estroncio; Mn=manganeso.

13 Aparece considerado con un rango general dentro de los componentes que conforman el patrimonio regional. Frente a ello, el paisaje fue considerado de forma específica en la ley para el paisaje asociado a los molinos de viento.

14 Considerado como una: "(…) porción de territorio rural, urbano o costero donde existan bienes que por su valor histórico, artístico, estético, etnográfico o antropológico e integración con los recursos naturales o culturales merece un régimen jurídico especial".

15 Enmarcadas en: monumento, jardín histórico, conjunto histórico, sitio histórico, zona arqueológica, lugar de interés etnográfico y zona paleontológica.

16 En realidad indica, en el artículo 61, que: "El procedimiento de elaboración de los Planes de Ordenación del Patrimonio Cultural será incoado por la dirección general con competencias en materia de patrimonio cultural e incluirá necesariamente los trámites de audiencia e información pública e informe de la consejería con competencias en materia de ordenación del territorio".

cultural regional, pero lo cierto es que no se ha activado ninguno, situación que repercute considerablemente en las zonas mineras de la Región de Murcia, consideradas como sitios históricos al ser declaradas BICS. Motivo por el cual abordamos la realización de un estudio que analizará su situación actual.

Y es que, hasta el momento, este sustrato minero ha sido protagonista de estudios que han focalizado la atención en: su desarrollo histórico y económico (Vilar, Egea y Fernández, 1990; Martínez, 2002; Guillén, 2004), en medir el impacto ambiental generado por su explotación (García, 2004), abordar su catalogación (Berrocal y Vidal, 1992; Martínez, 2005), analizar sus referentes patrimoniales más destacados (Pérez de Perceval, Manteca y López, 2010), investigar la efectividad de su protección tras ser declarados BICS (Palazón, 2016), y evaluar el impacto de sus implicaciones turísticas de forma particular (Manteca, García y Berrocal, 1996). En este último punto Morales planteó un estudio DAFO para la Sierra Minera (2015), mientras que Cueto (2016) la incluyó en una investigación que examinaba la progresión de esta cuestión en otras áreas mineras nacionales. Sin embargo, estas propuestas no han convergido hacia un análisis que las vincule y ayude a facilitar unas pautas que permitan arbitrar mecanismos que potencien y protejan su valor paisajístico de forma efectiva (Berrocal, 1996). A lo que se suma que el caso de Mazarrón apenas adquiere protagonismo.

1.4. Objetivos e hipótesis de trabajo

La cada vez mayor consideración que tiene el paisaje industrial y la creación de productos turísticos asociados al mismo han derivado en la adopción de medidas destinadas a potenciar sus recursos, capaces de poner en valor estas áreas y convertirlas, otra vez, en focos activos. Pero, para lograr esta transformación, no basta solo con ser consciente de que se atesora un legado patrimonial considerable, sino que este proceso debe ir acompañado de la toma de decisiones eficaces que converjan hacia el reconocimiento de la singularidad de sus referentes. Y para ello resulta esencial partir de un estudio previo que analice en profundidad todas las cuestiones que subyacen en él. Precisamente avanzar en ese estudio, y enfatizar los aspectos que influyen actualmente en el paisaje industrial minero de la Región de Murcia, es lo que se ha pretendido iniciar con este trabajo.

El punto de partida fue escoger los paisajes mineros de un área incluida en el PNPI y el PNPC, para cuestionar el nivel de incidencia que habían tenido estas medidas, impulsadas por el IPCE, y analizar lo abordado para proceder a su recuperación y puesta en valor. Para ello seleccionamos el caso de la Región de Murcia, dado que no contaba con un estudio que focalizara la atención en este paisaje desde el punto de vista patrimonial.

La hipótesis que marcó la realización de este trabajo fijó que en la Región de Murcia se encuentra un paisaje industrial minero de gran entidad degradado, que adolece por la falta de actuaciones concretas que reviertan su situación y favorezcan su protección y consolidación. Asimismo, evidenciamos que está sometido a las medidas impulsadas por diversos organismos. Ello nos llevó a plantearnos: ¿Qué sería preciso hacer para consolidarlo como un referente patrimonial? ¿Qué aspectos están mermando esta consideración? ¿Qué herramientas nos puedan ayudar a focalizar los mismos? y ¿Qué estrategias deberían comenzar a aplicarse?

Para dar respuesta a estos aspectos el objetivo prioritario que ha marcado su realización ha sido la necesidad de obtener un análisis de la situación del paisaje industrial minero de la Región de Murcia más representativo, dentro del ámbito patrimonial. Por ello se han escogido los focos mineros de Mazarrón y la Sierra Minera (La Unión y Cartagena). Además, ambos casos han sido señalados y reconocidos como referentes del patrimonio industrial nacional, si bien esta consideración ha dejado fuera a una parte de sus aportes. Este objetivo se completa con una serie de objetivos secundarios desglosados en los siguientes puntos: estudiar y comprobar el valor que se dio al aporte paisajístico en las áreas industriales mineras declaradas BIC; analizar y comparar las actuaciones realizadas en los paisajes escogidos y fijar una estrategia para impulsar el paisaje industrial minero.

2. Metodología

La obtención de los objetivos marcados planteaba la necesidad de emplear un método de investigación sustentado en la puesta en marcha de prácticas diferentes para confirmar la hipótesis.

Por ello se procedido a seleccionar los casos más paradigmáticos del paisaje industrial minero de la Región de Murcia: Sierra Minera, coto San Cristóbal y Los Perules, coto Fortuna y coto Pedreras Viejas, con la intención de realizar un diagnóstico de su realidad. Para llevar a cabo esta tarea estandarizamos una serie de ítems que agrupamos en una ficha.

A la hora de ejecutar el modelo de ficha se partió de la usada para la catalogación del patrimonio industrial inmueble de la Región de Murcia (Griñán, López y Palazón, 2010)[17]. Una ficha que fue aplicada, con variaciones, en el proceso de catalogación de los bienes de la fábrica portuguesa de corchos "Robinson" (2011)[18].

Estos modelos, resultado de la combinación de la ficha aportada por el "Consejo Internacional de Monumentos y Sitios" (ICOMOS) para catalogar el patrimonio industrial, así como de los estratos enmarcados para su catalogación dentro del PNPI, se revisaron y limitaron a los campos que aludían de forma concreta a los aspectos que focalizaban la atención en los elementos que albergaban, los daños que presentaban, y su nivel de conservación y deterioro. Dado que lo que se pretendía era obtener un diagnóstico de su realidad bajo unos parámetros que nos permitieran homogenizar los criterios aplicados y no abordar su catalogación[19]. Así la recopilación de datos se centró en remarcar su protección patrimonial y concretar las acciones de las que forma parte cada paisaje. A continuación se incluyó el tipo de estructuras mineras que predominan en cada zona y ver las principales patologías que estas presentan. Seguidamente se remarcó si eran sujetos de presión urbana e industrial. Campo que se completó con uno centrado en indicar si ha sido objeto de acciones que han mercado sus elementos en la forma de saqueos o expolios.

Ello ayudó a elaborar los siguientes apartados, centrados en su grado de conservación, donde partiendo de los modelos ensayados no optamos por un nivel numérico, como es común en otros trabajos, sino que seguimos las pautas del ICOMOS. Así consideramos "bien", siempre que el conjunto se encontrara en un estado óptimo y mantuviera sus elementos sin daños considerables, ni patologías que hicieran peligrar su mantenimiento y conservación. Todo lo contrario sería la consideración de "mal", para aquellos en donde lo conservado se encontraba en un estado deplorable que amenazaba la conservación de sus estructuras. Y quedaba la figura intermedia de "regular", asignada a los que mantenían estructuras y paisaje en una vertiente deficitaria que podía ser reversible con una intervención.

En relación con este parámetro se limitó el grado de deterioro establecido en: "alto", para los que corrían riesgo de desaparecer debido a su estado de conservación; "medio", en aquellos donde las patologías no les hacían peligrar; y "bajo", donde esta cuestión no se planteaba. Para facilitar esta tarea desarrollamos un listado de indicadores y criterios que se aplicaron a los paisajes analizados (tabla 1). Por último, se incluyeron las intervenciones de recuperación abordadas.

En total se hicieron 11 fichas: 8 sobre los sectores protegidos de la Sierra Minera y 3 sobre los cotos mineros de Mazarrón, que han compilado de forma resumida todas las cuestiones resaltadas en los sustratos paisajísticos estudiados de estas áreas al presentar rasgos similares. Pues nuestro cometido era analizarlos como partes de un todo y no de forma sesgada únicamente.

Tabla 1. Indicadores y criterios de los grados de la ficha

GRADO DE CONSERVACIÓN (B-Bien, R-Regular, M-Mal) 1. Rasgos paisaje industrial: -Conserva todos los rasgos distintivos de un paisaje industrial (B) -Mantiene parte de los elementos distintivos de un paisaje industrial (R) -Apenas conserva parte de su idiosincrasia paisajística industrial (M) 2. Evaluación de su conservación: -No peligra su conservación (B) -Presenta deficiencias que pueden hacer peligrar su conservación a largo tiempo (R) -Presenta un estado de conservación deplorable (M) 3. Evaluación de intervenciones: -Ha sido sometido a una correcta intervención (B) -No ha sido sometido a ninguna intervención pero no le afecta (R) -Urge intervenir (M)
GRADO DE DETERIORO (B-Bajo, M-Medio, A-Alto) No presenta patologías (B) No presenta patologías significativas (M) Presenta numerosas patologías que hacen peligrar su mantenimiento (A)

Elaboración propia.

A continuación, se realizó un análisis DAFO donde se volcaron las características internas (Debilidades y Fortalezas) y las externas (Amenazas y Oportunidades). Posteriormente se cruzaron, remarcándose

17 Registro abordado en diversos proyectos de investigación dirigidos por la Dra. Griñán desde el departamento de Historia del Arte de la Universidad de Murcia (2007-2011), con financiación aportada por el Ministerio de Educación y Cultura y la Fundación Séneca.

18 Trabajo inédito realizado por Palazón durante una estancia predoctoral en la "Fundação Robinson" (Portugal-Portalegre).

19 Cuestión que ha sido efectuada para la Sierra Minera por Berrocal (1992) y para el caso de Mazarrón por el "Servicio de Patrimonio Histórico" de la Región de Murcia (2005).

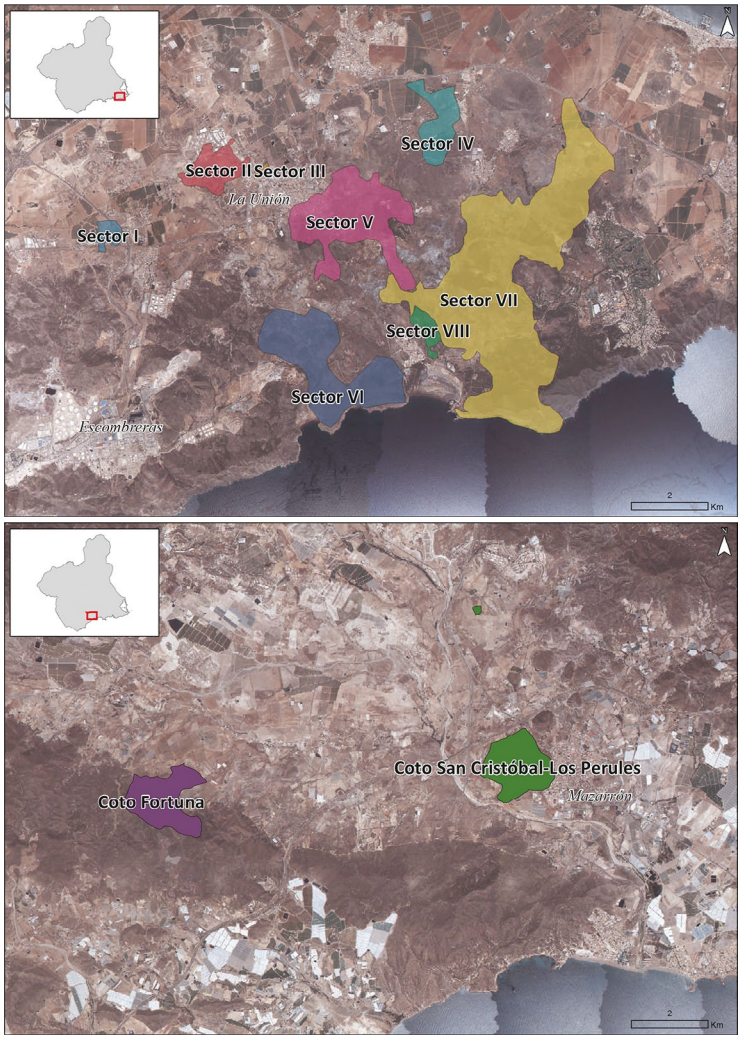
su confluencia con rasgos positivos, negativos o de igualdad que sumados permitieron obtener sus balances en una matriz cruzada. El fin era fijar una serie de estrategias que ayuden a estimular la consideración del paisaje minero regional y reviertan en una puesta en valor más eficiente. Así se ha obtenido un análisis de su situación actual y se han programado acciones futuras con la intención de dar respuesta a la incertidumbre que provoca la toma de decisiones sobre este elemento patrimonial.

En paralelo se han analizado las implicaciones paisajísticas en el ámbito patrimonial a diversos niveles (internacional, nacional y regional). Aspectos que nos han permitido crear un eje comparativo entre lo considerado por diferentes organismos e instituciones y lo realizado en la Región de Murcia.

3. Resultados

Las pautas para comenzar a considerar el ámbito paisajístico industrial son similares a las del patrimonio en el que se enmarca: abordar estudios para conocer y poner de relieve los casos más significativos, registrarlo para tener constancia de su existencia, iniciar procesos que permitan su protección con el cometido de aminorar su pérdida, evitar su destrucción y proceder a su recuperación bajo diversas fórmulas que suelen optar por la musealización (Estación de Chamberí-Andén 0 en Madrid) o el mantenimiento con una nueva actividad (Fábrica de Cerveza El Águila-Biblioteca Regional Joaquín Leguina en Madrid). Aunque lo cierto es que en algunos casos ello no se hace o se realiza de forma parcial, haciendo que sus vestigios queden en un *impase* eterno que no hace otra cosa que degradarlos e iniciar su quebranto. Es lo que pretendíamos saber: en qué situación se encuentra el paisaje minero de la Región de Murcia.

Mapa 1. Ubicación y límites de los paisajes mineros



Fuente: BORM. Elaboración propia.

3.1. El paisaje industrial minero de la Sierra Minera de Cartagena y La Unión

La Sierra Minera, un espacio de 5.000 Ha. que se vertebra entre Cartagena y La Unión, es el referente paisajístico industrial que siempre se destaca. Su sustrato patrimonial refrenda el desarrollo de esta actividad distribuida por su perímetro, haciendo que reúna los principios enmarcados en la definición de paisaje industrial del plan homónimo, del que forma parte. Aspecto que fue también tenido en cuenta en su inclusión en el PNPC, dado que la categoría de actividad industrial se adaptaba a ella, contando con un Plan Director que aúna ambos. No en vano es uno de los bienes incluidos en la Lista Tentativa de Patrimonio de la Humanidad[20], pues en ella se suma el interés paisajístico, en sus vertientes industrial y ambiental, al representar un paisaje transformado con aportes históricos y culturales que forman parte del catálogo de bienes inmuebles de la C.A.

Tabla 2. Resumen análisis situación patrimonial del paisaje minero de la Sierra Minera

Paisaje Industrial de la Sierra Minera de Cartagena-La Unión																
Protección patrimonial: Declarada BIC, como sitio histórico, en 2015, parcelada en 8 sectores.																
Incluido en: - Plan Nacional Patrimonio Industrial: Plan director. - Plan Nacional Paisaje Cultural: Plan director. - Lista Tentativa de Patrimonio de la Humanidad (2007). - Catálogo bienes inmuebles C.A.																
Sectores	**Sector I**		**Sector II**		**Sector III**		**Sector IV**		**Sector V**		**Sector VI**		**Sector VII**		**Sector VIII**	
Tipos de estructuras conservadas	Castilletes, chimeneas, polvorín, pasadizo, lavaderos, minas.		Castilletes, chimeneas, lavaderos, casas de máquinas, minas.		Castilletes, chimeneas, casa de máquinas, minas.		Castilletes, hornos, chimeneas, horno, casas de máquinas, minas, cantera.		Castilletes, chimeneas, lavaderos, casas de máquinas, hornos, minas casa de máquinas, minas.		Castilletes, hornos, chimeneas, túnel, lavaderos, salas de máquinas, minas.		Lavaderos, casas de máquinas, hornos, castilletes, polvorín, minas.		Lavadero, hornos, chimeneas, tren minero.	
Patologías	Degradación ambiental. Desprendimiento de estructuras. Grietas.		Degradación ambiental. Desprendimiento de estructuras. Grietas.		Degradación ambiental. Desprendimiento de estructuras. Grietas.		Degradación ambiental. Desprendimiento de estructuras. Grietas.		Degradación ambiental. Desprendimiento de estructuras. Grietas.		Degradación ambiental. Desprendimiento de estructuras. Grietas.		Degradación ambiental. Desprendimiento de estructuras. Grietas.		Degradación ambiental. Desprendimiento de estructuras. Grietas.	
Presión urbana e industrial	Sí		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí	
Saqueos y expolios	Sí		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí		Sí	
Grado de conservación	1	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	B
	2	R	2	R	2	R	2	B	2	B	2	R	2	R	2	R
	3	M	3	M	3	M	3	R	3	R	3	M	3	M	3	M
Grado de deterioro	A		A		A		M		M		A		A		A	
Intervenciones							Centro de interpretación mina "Las Matildes".		Parque minero de La Unión. Ruta "Camino del 33".							

Elaboración propia.

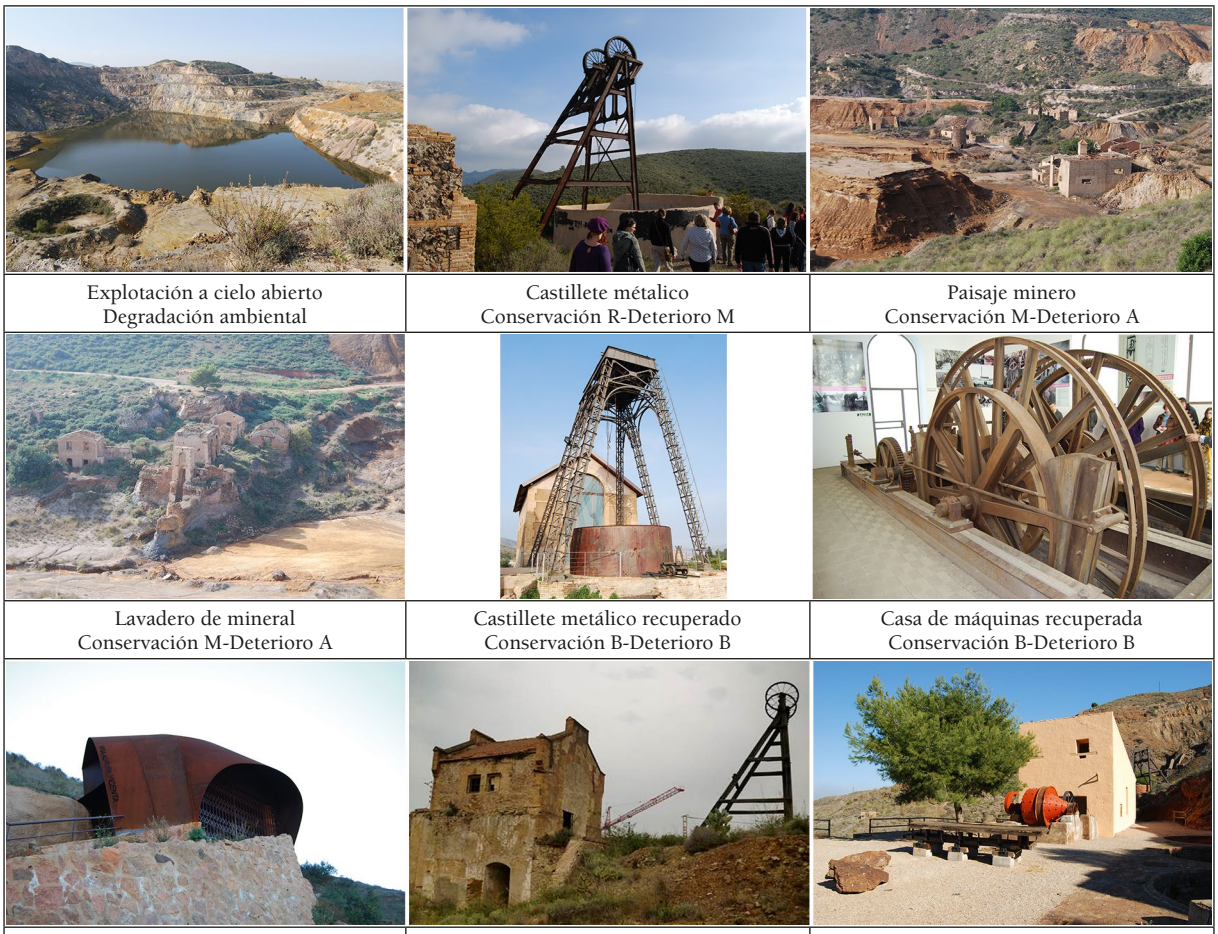
Fue declarada BIC en 2015, tras un largo proceso iniciado en varias ocasiones desde 1986 (Palazón, 2016), siendo parcelada en 8 sectores: I-Conjunto del Cerro de la Parreta de Alumbres (24,42 Ha.), II-Con-

20 Esta lista es la antesala de la LPH. Según se recoge en su declaración como BIC está considerada como un paisaje cultural excepcional por parte de la UNESCO. BORM del 10/10/2015, 35041-35108.

junto del Cabezo Rajao (74,41 Ha.), III-Conjunto minero de Lo Tacón (2,88 Ha.), IV-Conjunto minero de El Llano del Beal y el Beal (85,21 Ha.), V-Camino del 33-Cuesta de Las Lajas (227,75 Ha.), VI-Rambla del Avenque y Cabezo de La Galera (286,59 Ha.), VII-Cabezo de Ponce, Peña del Águila y Monte de las Cenizas (957,63 Ha.) y VIII-Conjunto del Lavadero Roberto de Portmán (4,14 Ha.) (mapa 1). Zonas que son las únicas que se han protegido, al no prosperar la protección completa de la Sierra Minera, reduciéndose su protección a 1.663,03 Ha. Esta cuestión es un aspecto a tener en cuenta, dado que genera espacios intermedios entre las áreas limitadas, en los cuales los criterios de intervención pueden ser contrarios al mantenimiento de su sustrato patrimonial y romper la coyuntura de un paisaje unitario que todavía se mantiene, como se desprende de la aplicación de los ítems fijados en este estudio.

Así se constata que este paisaje atesora una rica variedad de estructuras industriales mineras, testimonio de la actividad minera contemporánea. Si bien las mismas presentan una serie de patologías que afectan a su mantenimiento. Aquí se han conjugado dos cuestiones que conviene diferenciar. Por una parte el paso del tiempo y la fractura que ocasiona en los materiales empleados, provocando grietas e incluso el desplome de las estructuras que sustentaban gran parte de las casas de máquinas y los lavaderos, así como el desmoronamiento de los castilletes de madera. Pero en otros casos, estas cuestiones se han debido a la acción del hombre, quien ha sustraído sus materiales, especialmente los metálicos, para destinarlos a fines particulares. Además, el vandalismo se ha cebado con ella, siendo objeto de todo tipo de actos incívicos que dejan tras de sí oquedades, roturas y pintadas. Todo ello ha favorecido que parte de sus componentes en la actualidad sufran derribos totales y parciales, preservándose de forma intacta pocas referencias.

Imagen 1. Referentes patrimoniales Sierra Minera



Explotación a cielo abierto Degradación ambiental	Castillete métalico Conservación R-Deterioro M	Paisaje minero Conservación M-Deterioro A
Lavadero de mineral Conservación M-Deterioro A	Castillete metálico recuperado Conservación B-Deterioro B	Casa de máquinas recuperada Conservación B-Deterioro B
Entrada mina parque minero Conservación B-Deterioro B	Sala de máquinas y castillete Conservación R-Deterioro M	Lavadero parque minero Conservación B-Deterioro B

Fotografías de la autora.

A ello tampoco ayuda el que sea sujeto de la presión urbanística, pues debido a su cercanía a la costa murciana se han proyectado varias promociones inmobiliarias que quedaron paralizadas por la coyuntura económica actual. Retomar las mismas presentaría varios problemas, no solo el de la convivencia con el patrimonio del lugar, sino otros de otra índole. Como son los niveles de metales pesados que presentan la zona, debido a la degradación ambiental sufrida, sobre la cual no se ha intervenido de manera eficiente. De hecho un estudio reciente en escolares del Llano del Beal (La Unión), ha mostrado que estos presentan índices altos de metales pesados en sus organismos[21].

Además, la administración regional ha planteado la posibilidad de retomar las actividades mineras. Algo que constata también con su decisión de ubicar una terminal de contenedores en "El Gorguel". Propuestas que son contrarias a su consideración como BIC por parte de la propia C.A.

A la hora de analizar su grado de conservación, se observa como los sectores IV y V son los que presentan el patrón más favorable. Esto requiere de una explicación, dado que, como se aprecia, se han enmarcado las mismas patologías que para el resto. Y es que una parte de ellos ha sido objeto de intervenciones museísticas y turísticas que presentan un patrón óptimo. Es lo que testimonia el parque minero de La Unión, impulsado por la administración, donde se ha intervenido para facilitar el recorrido por un paisaje minero testimonial del lugar donde se aglutinan las minas "Agrupa Vicenta" y "Pablo y Virginia", y el lavadero de la "Remunerada". Así como el centro de interpretación de "Minas Las Matildes", activado por la "Fundación Sierra Minera", entidad que ha velado por ella, la cual también iniciaría el reconocimiento del sustrato ambiental del lugar a través del "Huerto Pío"[22]. Mientras que en los elementos de la ruta del "Camino del 33"[23] no se ha intervenido con tanta profusión. Lo que demuestra que el grueso de su patrimonio no ha sido tenido en cuenta todavía, solo una parte mínima ha sido recuperada. Ello revierte directamente en su grado de deterioro, el cual es alto, ya que la vigilancia y las actuaciones sobre el mismo se centran en los focos destacados (tabla 2-imagen 1).

3.2. El paisaje industrial minero de Mazarrón

A poco menos que 60 Km. de la Sierra Minera, en el municipio de Mazarrón, el sustrato minero también dejó su impronta. Aquí la explotación se centró en 3 áreas concretas, denominadas cotos, que llevan por nombre: San Cristóbal-Los Perules, Pedreras Viejas y Fortuna (mapa 1). Es en estos lugares donde se encuentran los vestigios de épocas pasadas, junto con los de la contemporaneidad en un paisaje que, como en el caso anterior, fue modificado en aras del progreso sin tener en cuenta ningún otro tipo de condicionante.

De todos ellos solo el de San Cristóbal-Los Perules, que engloba también la "Mina Luisito", fue considerado por los técnicos de patrimonio de la C.A. como uno de los mejores paisajes mineros de la región, motivo que derivó en que en 2008 fuera declarado BIC, de nuevo en la figura de sitio histórico, siendo esta la única apreciación sobre su paisaje[24]. En 2011 el coto Fortuna sería declarado BIC como sitio histórico, declaración en la que su vertiente paisajística quedó matizada al final de la resolución en un somero párrafo donde se justificaba que la protección no llegaría a todo el coto, solo a 126,6595 Ha., reduciéndose considerablemente sus límites fijados en 250 Ha., al considerar que lo resaltado era lo más significativo[25]. El de Pedreras Viejas sería catalogado por su relevancia cultural[26], debido a sus vestigios arqueológicos, pese a la importancia que tiene como referente industrial.

---

21 Noticia Diario La Verdad. Fecha: 09/08/2017: http://www.laverdad.es/murcia/hallan-escolares-beal-20170808014343-ntvo.html

22 Se trata de uno de los proyectos más reconocidos de la "Fundación Sierra Minera", quien concebiría, sobre una finca que perteneció al minero Pío Wandossell, un parque ambiental y un vivero a través de los cuales se quiere recuperar la vegetación autóctona de la Sierra Minera.

23 Se trata de una ruta que discurre por la "Carretera del 33", construida en 1933 con el cometido de conectar La Unión con Portmán.

24 BORM del 15/10/2008, 31437-31442 y BORM del 26/06/2014, 25243-25252.

25 BORM del 03/03/2011, 9416-9429.

26 Esta información ha sido facilitada por Caridad de Santiago, personal del "Servicio de Patrimonio Histórico" de la C.A. La Ley 4/2007 estableció 3 grados de protección correspondientes con las categorías de BIC, bienes catalogados por su relevancia cultural, como es este caso, y bienes inventariados. Esta figura supone un nivel de protección intermedio, pues la plena y total es la que enmarca a los BICS.

Estos aspectos se reflejan también en la desigual consideración que tienen en los programas activados, pues solo el primero forma parte de ellos, algo que no ha revertido en un programa de recuperación y proyección turística, si bien todos sus componentes han sido registrados por la C.A.

Tabla 3. Resumen análisis situación patrimonial del paisaje minero de Mazarrón

Paisajes Industriales de Mazarrón						
Protección Patrimonial: - Coto San Cristóbal-Los Perules: Declarado BIC, como sitio histórico, en 2008. Modificado en 2014 por un error en la fijación de las coordenadas del perímetro marcado en la resolución. - Coto Fortuna: Declarado BIC, como sitio histórico, en 2011. - Coto Pedreras Viejas: Catalogado por su relevancia cultural.						
Incluido en: - Coto San Cristóbal-Los Perules: Catálogo bienes TICCIH-Plan Nacional Patrimonio Industrial (2011). - Catalogación bienes inmuebles C.A.						
Cotos	**San Cristóbal-Los Perules**		**Fortuna**		**Pedreras Viejas**	
Tipos de estructuras conservadas	Chimeneas, castilletes, trancada, tolva, muelle, sala de máquinas, polvorín, jaulas, balsas, tolvas, hornos, lavaderos, depósitos, plano inclinado, pozos, depósitos, fundiciones, edificio, fragua.		Balsas, canteras, casas de máquinas, chimeneas, depósitos, filones, galerías, hornos, lavaderos, pozos.		Castilletes, casas de máquinas, chimeneas, trancada.	
Patologías	Degradación ambiental. Desprendimiento de estructuras. Grietas.		Degradación ambiental. Desprendimiento de estructuras. Grietas.		Degradación ambiental. Desprendimiento de estructuras. Grietas.	
Presión urbana e industrial	Sí		Sí		Sí	
Saqueos y expolios	Sí		Sí		Sí	
Grado de conservación	1	B	1	B	1	B
	2	M	2	M	2	M
	3	M	3	M	3	M
Grado de deterioro	A		A		A	
Intervenciones					Recuperación casa de máquinas castillete San Carlos y "La Mazarronera".	

Elaboración propia.

Los referentes que conservan atienden a tipologías similares y presentan el mismo patrón de patologías, comunes a las de la Sierra Minera, y tienen tras de sí las mismas vías: la acción del tiempo y la actitud incívica del hombre. Lo que revierte en un deterioro alto que ha hecho que algunos se hayan caído. Por ello su grado de conservación vuelve a demostrar que aunque todavía mantienen los rasgos distintivos de un paisaje industrial, este no ha sido sometido ni siquiera a una conservación preventiva. Pues hasta el momento solo se ha intervenido en la recuperación de la casa de máquinas del castillete San Carlos de "La Mazarronera", en Pedreras Viejas, obra impulsada por su propietario y que no tiene un uso público actualmente. Así los 3 cotos presentan un alto grado de deterioro. Algo en lo que influye, de nuevo, la sustracción de componentes y los actos vandálicos que se acometen contra ellos.

De nuevo la propuesta de recuperación de las actividades mineras puede hacer que el foco de actuación se centre en las proximidades de los cotos mazarroneros, lo que podría derivar en una ruptura de su paisaje patrimonial. Así como la proximidad del de San Cristóbal-Los Perules al núcleo urbano de Mazarrón, puede derivar en una presión urbanística que altere su identidad en un futuro próximo. Mientras que los de Fortuna y Pedreras Viejas pueden verse afectados por esta cuestión, debido a que se encuentran próximos a una zona vinculada tanto al turismo de sol y playa, como al residencial (tabla 3-imagen 2).

Imagen 2. Referentes mineros Mazarrón

Fotografías de la autora.

3.3. Análisis de la situación del paisaje industrial minero en la Región de Murcia

Para analizar los principales aspectos que influyen en este sustrato patrimonial se empleó una matriz DAFO cruzada, con el objetivo de limitar los factores que le afectan (figura 3).

A la hora de remarcar sus Fortalezas, resalta la diversidad de elementos patrimoniales culturales y naturales que confluyen en los sectores analizados, los cuales son un paradigma de la actividad a nivel nacional. Característica que ha potenciado el desarrollo del turismo industrial, implantado en la Sierra Minera, donde no llegó a materializarse el proyecto de recuperación del "Cabezo Rajao". Pero sería una realidad la creación de varios museos, donde al margen de los indicados, ubicados dentro de ella, se encuentra el "Museo del Cante de las Minas" (La Unión).

En Mazarrón las actuaciones en este ámbito han sido inferiores. Hubo también un intento por crear un parque industrial en el coto San Cristóbal-Los Perules a través de un consorcio turístico, que fue anulado debido a la coyuntura económica de los últimos años. Para paliar esta situación su consistorio patrocina y facilita el desarrollo de visitas.

Frente a ello, entre sus Debilidades, tiene sus propias características pues su gran extensión ha derivado en que sea inviable mantener sus límites naturales, prefiriéndose parcelar en secciones (Sierra Minera) o reducir considerablemente sus dimensiones (Mazarrón). Por otro lado la profusión de referentes similares se emplea como una escusa indolente para justificar que las pérdidas no son graves, ya que hay otros que pueden sustituirlos. Algo en lo que tiene mucho que ver su mantenimiento, el cual no es efec-

tivo porque requeriría de un gran aporte económico que no quieren asumir sus propietarios. Y es que no debemos olvidar que la mayoría de este sustrato se encuentra en manos de entidades privadas, quienes mantienen vigentes las concesiones mineras, aunque no exploten las minas, o planificaron acciones urbanísticas sobre él, aprovechando su cercanía a la costa, que han quedado paralizadas.

Figura 3. Análisis DAFO paisaje industrial minero de la Región de Murcia

	AMENAZAS	A1.Falta de interés	A2.Medidas legislativas y protectoras ineficaces	A3.Escaso presupuesto para intervenir	A4.Planes de intervención concebidos a largo tiempo incumplidos	A5.Presión urbanística e industrial	A6.Insensibilidad	A7.Vandalismo y expolio	OPORTUNIDADES	O1.Considerados por las entidades que custodian e impulsan el patrimonio industrial	O2.Interés actual por el patrimonio y el turismo industrial	O3.Ubicados en municipios con trayectoria patrimonial y turística	BALANCES
DEBILIDADES													
D1. Extensión		+	+	+	+	+	+	=		=	=	=	6
D2. Referentes similares		+	+	+	+	+	+	+		+	+	=	7
D3. Cuantía de su mantenimiento		+	+	+	+	+	+	+		+	-	=	8
D4. Propiedades privadas		+	+	+	+	+	+	+		-	-	=	9
D5. Estado de conservación y deterioro		+	+	+	+	+	+	+		+	+	=	7
D6. Dificultades en el acceso		+	+	=	=	=	=	+		-	-	-	6
D7. Desconocimiento y falta de difusión		+	+	+	+	+	+	+		-	-	-	10
D8. Planificación de modelos de recuperación turística similares		-	-	-	-	=	-	=		+	+	=	0
FORTALEZAS													
F1. Diversidad de vestigios industriales		+	=	+	+	+	-	=		+	+	+	4
F2. Patrimonio cultural y natural de diversa entidad		+	+	+	+	+	-	=		+	+	+	4
F3. Referentes únicos en el sudeste peninsular		-	-	-	-	=	-	=		+	+	+	8
F4. Dotados con propuestas de recuperación ya vigentes		-	-	-	-	-	-	=		+	+	+	9
BALANCES		6	5	5	5	7	1	6		5	3	2	

Elaboración propia.

Estas cuestiones, remarcadas ya en el documento base del PNPI, han derivado en que sistemáticamente sus propietarios incumplan con su obligación de mantener e intervenir en la custodia de este legado, como recopila la ley de patrimonio, decisión que repercute en su conservación y deterioro. Aspectos que emplazan la adopción de propuestas. Pese a ello, paradójicamente, es viable acceder a la mayoría de estos lugares al no limitarse el acceso de forma efectiva, si bien en algunos accesos hay dificultades derivadas de su propia ubicación y no se cuenta con una señalización que facilite su localización. A lo que se suma el que solo se conozca de forma parcial una parte de este patrimonio (Sierra Minera), situación que obstaculiza su difusión y entorpece el resto de cuestiones de forma considerable al no valorarse de forma efectiva. Mientras que su consideración turística, un aspecto enmarcado positivamente, puede ser lo contrario, debido a que las propuestas planteadas reproducen patrones similares que pueden no captar la atención de visitantes y turistas, al ofrecer una experiencia similar.

Pese a ello cuenta con Oportunidades, como estar incluido una parte del mismo (Sierra Minera y coto San Cristóbal-Los Perules) en las propuestas impulsadas por el IPCE y TICCIH-España, a través

del PNPI y el PNPC, herramientas que están en relación con el interés actual que hay hacia estos aportes patrimoniales. Aspecto que converge con el desarrollo turístico que los municipios que albergan estos referentes industriales han sufrido en estos últimos años, en los cuales su patrimonio cultural se ha empleado como foco para activar nuevas iniciativas turísticas que en este caso han permitido impulsar el turismo industrial.

Pero son más la Amenazas detectadas. Entre ellas destaca la falta de interés hacia este patrimonio, aspecto que ha revertido en una protección laxa e ineficaz, fruto de una inoperante legislación, postergada durante años. Cuando se ha alcanzado tampoco ha repercutido en una dotación presupuestaria que facilite una intervención directa e inmediata, prologándose las propuestas planificadas. Y, además, no se ha logrado aminorar la presión urbanística e industrial sobre los focos mineros, algo en lo que participa la propia administración regional. La falta de sensibilidad y el desconocimiento del valor de este legado revierten en que se saquee impunemente para venderlo como simple chatarra, o se convierta en diana de actos vandálicos que ven el derribo y la rotura como una diversión.

Tras interrelacionar los aportes de la matriz DAFO se comprueba como las Oportunidades presentan un balance positivo. Lo mismo ocurre con las Amenazas, resaltando la necesidad de adoptar medidas destinadas a aminorarlas, para lo cual debe aumentar el interés hacia estos referentes desde todos los ámbitos. Mientras, las Debilidades inciden en que es prioritario profundizar en su conocimiento para revertir el resto de parámetros. Y las Fortalezas plantean que considerar su diversidad cultural es elemental para valorar el resto de elementos que se conjugan en el paisaje minero de la Región de Murcia.

De este análisis se desprende que el paisaje minero industrial de la Región de Murcia se corresponde con un paisaje cultural surgido en un entorno natural rico en minerales, modificado por la mano del hombre desde la Antigüedad hasta los años 80 del siglo XX. A partir de entonces dejó de verse como un foco de referencia y fue abandonado, dejando sobre él un voluminoso número de referentes que permitían ilustrar explícitamente la historia de la minería reciente en el sureste español. Ello coincidió con el desarrollo del patrimonio industrial, donde la vertiente paisajística sería un factor destacado que impulsó la catalogación de sus referentes, la protección de las zonas más consideradas y la activación de propuestas de recuperación con fines turísticos y culturales. Sin embargo, en los casos estudiados, la aplicación de estas medidas se hizo bajo consideraciones particulares que han revertido en que su conservación no se haya consolidado y su deterioro sea alto, hasta llegar a peligrar el mantenimiento de parte de sus estructuras y poner en riesgo la esencia de este paisaje. Motivo por el cual se hace necesario buscar estrategias que lo proyecten.

3.4. Estrategias para impulsar el paisaje industrial minero de la Región de Murcia

Al trasladar este análisis a estrategias concretas a abordar, cruzando los datos del DAFO, se plantea la necesidad de implementar las siguientes:

-Estrategias ofensivas (Fortalezas/Oportunidades): Hacer converger Fortalezas y Oportunidades a través de una mayor vinculación entre las administraciones que custodian y gestionan este patrimonio y sus propietarios, con el objetivo de unir criterios y afianzar su colaboración. También sería preciso dar voz y cuota de participación a la sociedad civil en un proceso que converja hacia el reconocimiento y valoración de este patrimonio, pues los habitantes de estos lugares son conscientes del legado de su pasado y se muestran favorables a las propuestas planteadas para proceder a su recuperación, si bien estas no llegan a materializarse. Así como generar un grupo de trabajo que aúne a expertos de diversas áreas (geografía, historia, arquitectura, paisaje, ingeniería, etc.) para trabajar en la redacción de un documento que enmarque las principales cuestiones que refrenda este paisaje minero regional. A ello también ayudaría una mayor colaboración con las redes de turismo industrial para impulsar su difusión y convertirlo en un activo a tener en cuenta, capaz de ampliar la oferta turística consolidada de las zonas costeras.

-Estrategias adaptativas (Debilidades/Oportunidades): Para superar sus Debilidades sería necesario promover la necesidad de potenciar su conocimiento, algo que podría hacerse a través del impulso de actividades educativas vinculadas al patrimonio industrial. En paralelo, debido a su volumen y referencias similares, se deberían seleccionar los elementos más destacados y sobre los que urge intervenir, con el cometido de fijar un plan de acción por prioridades. Y en caso de incumplir estas cuestiones, aplicar la normativa patrimonial, donde se contempla la expropiación de bienes a aquellos titulares que la incumplan. De este modo se podrían revertir los planteamientos urbanos que lo amenazan. Así como valorar el

impacto que tendría la recuperación industrial apuntada para algunas áreas mineras sobre el patrimonio industrial. Y promover su recuperación medioambiental, algo para lo que también se hace necesario contar con una cartografía-planimetría que permitiera la correcta localización y fijación de sus límites. Con ello se procedería a la recuperación de los límites naturales de las áreas mineras. Así se podría activar la consideración positiva de su patrimonio impulsando iniciativas, tanto públicas como privadas, que promuevan proyectos sobre el mismo que diversifiquen lo planteado y creen nuevas propuestas no tenidas en cuenta hasta ahora, como la espeleología u otros tipos de turismo (natural, aventura, deportivo, etc.), actividades capaces de generar un mayor número de empleos. Cuestiones que incidirían también en su defensa.

-Estrategias reactivas (Fortalezas/Amenazas): Partirían de la revisión, actualización y redacción de un Plan Director[27] que abarcará todo el paisaje industrial regional, en el cual se tuvieran en cuenta sus valores y potencial real, viéndolo como un paisaje industrial completo. Acción que iría acompañada de una dotación presupuestaria concreta. Ello revertiría en el impulso tanto de las acciones ya programadas, entre ellas su inclusión en la LPH, como las reflejadas aquí. Para ello podría servir de ayuda conocer y estudiar casos de paisaje minero/patrimonio industrial recuperado, como testimonian Almadén (Ciudad Real-La Mancha) y Riotinto, referencias próximas, con el cometido de ver el impacto real que tienen en el tejido socioeconómico de los municipios donde se asientan. Quizás de este modo sea más fácil llamar la atención de las autoridades sobre este patrimonio. Y se hace necesario, con carácter urgente, activar mecanismos que permitan vigilar estas áreas, así como perseguir a quienes atenten contra ellas.

-Estrategias defensivas (Debilidades/Amenazas): Englobarían una modificación de la ley patrimonial que le dé una entidad propia a este patrimonio y el paisaje que genera, y se debería impulsar, mientras tanto, el desarrollo de planes de ordenación del patrimonio cultural. De este modo se podría contrarrestar la presión que se ejerce sobre estos espacios y sus áreas de confluencia. Algo que no es lo único a blindar, ya que el patrimonio mueble escaso que todavía conserva, y los elementos fácilmente desmontables de sus inmuebles, se enfrentan a un expolio sistemático que se podría frenar albergando los mismos en espacios seguros hasta que se intervenga sobre ellos y se consoliden. Se hace también necesario refrendar un compromiso entre la administración regional, propietarios y ayuntamientos en donde quede latente que cada uno va a cumplir con sus obligaciones y respetar la legislación, lo que también exigirá acometer lo planificado en unos plazos, no ya orientativos, sino fijos. Pues la demora no puede seguir siendo el común denominador de todas las medidas impulsadas, debe comenzar a sustituirse por la prontitud. Refuerzos que se verían complementados con una limitación en los accesos y una correcta señalización de las áreas visitables.

4. Discusión de resultados

Nuestro trabajo pretendía obtener un análisis de la realidad del paisaje minero de la Región de Murcia. Después de examinar lo realizado, a través de los ítems de la ficha, observamos como las medidas dictadas no han sido aplicadas en ninguno de ellos de forma plena, sino de manera parcial. Lo que ha revertido en una serie de variables intrínsecas y extrínsecas comunes que han derivado en que no haya podido alcanzarse todavía su plena consideración, y sigan estando en riesgo sus aportes culturales y naturales, como ha quedado patente en el DAFO. Para solventar la casuística generada por ello, nuestro estudio apunta la necesidad de intervenir en una serie de estrategias que se sustentan en dos factores determinantes que han demostrado influir deficitariamente en su consideración: su protección y su recuperación mediante intervenciones correctas y financiación suficiente.

Ambas son cuestiones complejas de solventar. Y es que pese a los progresos realizados (Cañizares, 2011b), su protección se enfrenta a unos límites administrativos que la coartan y no tienen en cuenta las particularidades del paisaje, al tratarse el mismo como un elemento patrimonial más, sin tener en cuenta que es un sustrato complejo conformado por aspectos diferentes en donde el medio físico y ambiental tienen un papel protagonista. Y la misma no equivale a mantenimiento y conservación integral, algo que es un problema al que se enfrentan las áreas mineras particularmente por su ubicación y extensión, y que ocurre con demasiada frecuencia en este patrimonio, como quedó patente en el expolio de una parte de los elementos ferroviarios de Riotinto en 2009 (Hidalgo, 2010). Motivo por el cual se acaba recurriendo

27 Actualmente solo la Sierra Minera dispone de uno.

a la jurisprudencia, ante la que se denuncian los atentados y sustracciones que sufren. Tarea que desempeña la "Fundación Sierra Minera", como el "Colectivo Arrayanes" hace en Linares.

Frente a ello es un patrimonio que se ha convertido en un recurso turístico, algo que se ha realizado mucho antes de abordar las fases que deben precederlo, pues la proyección del turismo industrial es una realidad (Pardo, 2008) que ha emergido con fuerza en las zonas mineras convirtiéndolas en un foco de desarrollo territorial (Biel, 2009), como ejemplifica la cuenca del Ruhr, en Alemania (Sánchez y Koch, 2013). En la Región de Murcia esto es algo testimonial, solo la Sierra Minera cuenta con una oferta consolidada, y no ha sido sometido a estudios que midan su impacto económico y social, siendo un tema pendiente de abordar.

Lo que sí se ha analizado ha sido la proyección de las iniciativas impulsadas. Así Pardo (2014) aplicaría componentes e indicadores para medir la sostenibilidad turística del parque minero de La Unión. Sus resultados subrayaron que el referente ambiental era la pauta más baja, si bien estaba por encima de la media fijada en el resto de casos, y se remarcó que la degradación de la zona y la lentitud con la que se aplicaban las medidas le restaban entidad. Este mismo autor, con anterioridad (2010), había realizado un diagnóstico del turismo industrial en España, donde la Sierra Minera, de nuevo, fue incluida. Aquí en el balance final, que sumaba consideración, protección y elementos patrimoniales, reflejaba el impulso que había tenido el turismo en ella, pero también se anotaba la dificultad por mantener y consolidar este patrimonio al no apostarse por intervenir en él. Pautas, que como hemos visto, no se han superado y perviven en el tiempo. Y que no han sido aplicadas a los cotos de Mazarrón.

En este punto se hace preciso remarcar que otras comunidades, en donde el proceso de industrialización también ha sido mermado por la historiografía, se han emprendido acciones destacables para impulsar su paisaje minero. Es el caso de Asturias, donde la caída de sus cuencas mineras coincidió con la progresión del patrimonio industrial, y se vio en él un aliado para mantener su sustrato y generar nuevos recursos (Benito, 1997). Aunque el modelo de Murcia tendría más puntos de unión con Andalucía, cuyas propuestas podrían ser exportables, dado que ya en 2008, a raíz de las jornadas europeas de ese año focalizadas en esta temática, publicó una guía sobre los paisajes industriales de todas sus provincias, donde la minería tendría un papel protagonista. Un año después se activaba el "Laboratorio del Paisaje Industrial Andaluz", donde en una revisión inicial indicaba que pese a lo realizado, este paisaje estaba desmantelado y en estado de urgencia, pues la resistencia de sus componentes comenzaba a verse mermada. Y apostaba por proceder a revisar los preceptos impulsados para buscar unos parámetros de intervención que permitieran consolidar su posición de manera efectiva (Dorado, 2011).

Como se ve, pese a lo realizado, se enmarcaba un largo recorrido por seguir, algo que es trasladable a la Región de Murcia, donde lo realizado no ha sido lo significativo que debiera. Y por ello su paisaje minero es un referente patrimonial por valorar. Es por ello que nuestro análisis, al cruzarse sus elementos, nos ha facilitado la configuración de una hoja de ruta que configura un plan estratégico a seguir, con el objetivo de lograr su reconocimiento y hacer prevalecer la importancia y entidad de un paisaje propio, que se encuentra en la línea de los considerados y recuperados en los parques mineros de Almadén (Cañizares, 2008) y Riotinto.

5. Conclusiones

El paisaje minero es sin lugar a dudas uno de los elementos del patrimonio industrial sobre el que es más complicado actuar, debido sobre todo a su extensión y al número de referentes que aglutina. Ello minimiza las intervenciones a cuestiones puntuales, donde se apuesta por la conservación (Puche y Mazadiego, 1998) y la rehabilitación de focos representativos (Benito, Calderón, Ruiz-Valdepeñas, 2016). Aspecto que revierte en su preservación y que pone en riesgo su idiosincrasia (Pérez y Arés, 2017), como ha reportado el análisis obtenido. Donde ha quedado patente que lo realizado ha sido insuficiente para frenar la degradación del mismo. Aspecto que se refleja en el alto número de Amenazas y Debilidades que presenta, superiores a las Fortalezas y Oportunidades detectadas. Superar las primeras y apuntalar las segundas a través de las estrategias marcadas ayudaría a revertir la situación y consolidarlo, tal y como apuntó Hidalgo en su estudio (2010).

Ha quedado de manifiesto que el foco de las intervenciones se ha limitado a la Sierra Minera, aunque ello no ha permitido consolidar todo su patrimonio. Mientras que en Mazarrón las intervenciones han sido menores, básicamente se han centrado en su protección y catalogación, y falta por abordar un

plan de recuperación de sus referentes viable. Situación que es similar a la de otras áreas, como Riotinto y Almadén, donde la creación de parques mineros ha focalizado las intervenciones en ellos (Cañizares, 2011a). Ello repercute en su consideración, puesto que se fija la atención sobre los parques y no sobre los paisajes. Lo que perjudica la proyección del paisaje industrial de forma plena. Esta situación lastra la adopción de medidas y deriva en la falta de propuestas que lleguen a su conjunto.

A través de la metodología aplicada se ha podido comprobar la hipótesis de partida, habiéndose podido obtener un análisis de la situación patrimonial del paisaje minero de la Región de Murcia. Pero sería necesario completarlo con una siguiente fase en la que se aplicara la misma al resto de paisajes incluidos en el PNPI, para buscar patrones similares o contrarios. A partir de entonces se podría desarrollar un análisis estadístico, con descriptores e indicadores, que permitieran obtener una visión conjunta de la situación del paisaje industrial en España. Así como impulsar acciones de conservación que atendieran las características propias de este patrimonio, pues es incomprensible que este legado contemporáneo presente un deterioro que supera al de las ruinas del pasado.

Y es que este trabajo pretendía poner de manifiesto que el paisaje industrial de la Región de Murcia, como el de otras áreas, no debe ser visto como un mero decorado sobre el que se encuentran los vestigios de la actividad minera, sino como el agente principal y protagonista al enmarcar todos los aspectos que fraguaron este importante subsector industrial. Ello facilitaría su salvaguarda y pondría de relieve un verdadero interés hacia él.

No en vano en la actualidad el paisaje minero español confluye conjuntamente a una candidatura de la LPH. Murcia forma parte de la misma, aglutinando una amplia diversidad de elementos, capaz de captar el interés que actualmente hay hacia el patrimonio industrial y el turismo industrial. De materializarse las iniciativas que aquí se han apuntado se podrían llegar a concretar planes estratégicos de recuperación. Desafortunadamente esto llegaría tarde para una parte de sus referentes, pero permitiría recuperar e integrar el paisaje minero en el patrimonio nacional. Ya que estamos ante un paisaje relevante, solo falta ser consciente de ello y trabajar en la misma dirección: la que lleve a su pleno reconocimiento.

Agradecimientos

La autora quiere mostrar su agradecimiento al equipo editorial de la revista y a los evaluadores anónimos, pues sus aportaciones han contribuido significativamente a mejorar este trabajo.

Referencias

Aguilar, I. (1998). *Arquitectura industrial: Concepto, método y fuentes*. Valencia: Museu d'Etnologia de la Diputació de València.

Benito, P. (1997). Dinamización del territorio y patrimonio industrial. *Polígonos. Revista de Geografía*, (7), 123-131.

Benito, P., Calderón, B., y Ruiz-Valdepeñas, H. P. (2016). La gestión territorial del patrimonio industrial en Castilla y León (España): fábricas y paisajes. *Investigaciones geográficas*, (90), 136-154. http://dx.doi.org/10.14350/rig.52802

Berrocal, M. C. (1996). Sierra Minera de Cartagena-La Unión: explotación y desaparición de un singular paisaje minero. En L. Mansilla y R. Fernández (Coords.), *Actas de la Primera Sesión Científica sobre Patrimonio Minero Metalúrgico* (pp. 223-232). Cuenca: Universidad de Castilla-La Mancha.

Berrocal, M. C. y Vidal, M. (1992). Catálogos de bienes muebles e inmuebles de la Sierra Minera de Cartagena-La Unión. *Memorias de Arqueología de la Región de Murcia*, (7), 553-566.

Biel, P. (2009). El paisaje minero en España como elemento de desarrollo territorial. *Apuntes. Revista de estudios sobre patrimonio cultural*, (22) 1, 6-19. Recuperado de http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8943/7243

Biel, P. y Cueto, G. (2011). *100 Elementos del patrimonio industrial en España*. Gijón: TICCIH-España, CICEES.

Boletín Oficial de la Región de Murcia (BORM). http://www.borm.es/borm/vista/principal/inicio.jsf

Cañizares, M. C. (2008). El atractivo turístico de una de las minas de mercurio más importantes del mundo: El parque minero de Almadén (Ciudad Real). *Cuadernos de Turismo*, (21), 9-31. Recuperado de http://revistas.um.es/turismo/article/view/24971/24261

Cañizares, M. C. (2011a). Patrimonio, parques mineros y turismo en España. *Cuadernos de Turismo*, (27), 133-153. Recuperado de http://revistas.um.es/turismo/article/viewFile/139801/125671

Cañizares, M. C. (2011b). Protección y Defensa del Patrimonio Minero en España. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, (XV) 361, s/n. Recuperado de http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-361.htm

Consejo de Europa (CdE). Comité de ministros. (2008). Recomendación CM/Rec (2008)3 del Comité de Ministros a los Estados miembro sobre las orientaciones para la aplicación del Convenio Europeo del Paisaje. Recuperado de https://www.asturias.es/medioambiente/articulos/ficheros/Recomendaciones%20para%20la%20aplicaci%C3%B3n%20del%20Convenio%20Europeo.pdf

Consejo de Europa (CdE). Convenio europeo. (2000). Convenio Europeo del Paisaje. Recuperado de http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/patrimonio/Convenio_europeo_paisaje.pdf

Consejo de Europa (CdE). Regiones del Veneto, Languedoc-Roussillon y Andalucía (1992). Carta del Paisaje Mediterráneo. Recuperado de http://www.catpaisatge.net/fitxers/docs/convenis/Carta_Sevilla_Paisaje.pdf

Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS): http://www.esicomos.org

Cueto, G. (2016). Nuevos usos turísticos para el patrimonio minero en España. *Pasos*, (14), 4, 1013-1026. Recuperado de http://www.pasosonline.org/es/articulos/955-

Diario La Verdad. http://www.laverdad.es/

Dorado, M. I. (2011). Laboratorio de paisaje industrial andaluz: Acerca de un proyecto de investigación. En *I Jornadas andaluzas de patrimonio industrial y de la obra pública* (s/n). Sevilla: FUPIA.

Fernández-Posse, D. (2007). Presentación del plan de patrimonio industrial. *Bienes Culturales. Revista del Instituto del Patrimonio Histórico Español. Monográfico: El Plan de Patrimonio Industrial*, (7), 19-30.

Fundación Sierra Minera: http://www.fundacionsierraminera.org/

García, C. (2004). *Impacto y riesgo ambiental de los residuos minero-metalúrgicos de la Sierra de Cartagena-La Unión* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena.

Griñán, M., López, M. y Palazón, Mª D. (2010). La catalogación del patrimonio industrial en la cuenca del río Segura. Las huellas de la revolución industrial en el patrimonio construido. En M. Á. Álvarez (Coord.), *Patrimonio industrial y paisaje. V Congreso TICCIH-España Conservación del Patrimonio Industrial y de la Obra Pública* (pp. 245-252). Gijón: CICEES.

Guillén, M. C. (2004). *Los orígenes del siglo minero en Murcia*. Murcia: R.A. Alfonso X el Sabio y Ayuntamiento de Mazarrón.

Hidalgo, C. (2010). El patrimonio minero-industrial y ferroviario: Nuevos recursos para nuevos turismos (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.

Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE). http://ipce.mcu.es/

Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE). (2007). Carta del Bierzo. Recuperado de http://ipce.mecd.gob.es/dam/jcr:9150e4a0-fb5b-40f9-8b42-df8f70187f27/carta-del-bierzo-layout1.pdf

Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE). (2011). Plan Nacional de Patrimonio Industrial. Recuperado de http://www.mecd.gob.es/planes-nacionales/planes-nacionales/patrimonio-industrial.html

Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE). (2012). Plan Nacional de Paisaje Cultural. Recuperado de http://www.mecd.gob.es/planes-nacionales/planes-nacionales/paisaje-cultural.html

Ley 4/2007 de 16 de marzo, de Patrimonio Cultural de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. BOE. Recuperado de https://www.boe.es/boe/dias/2008/07/22/pdfs/A31883-31902.pdf

Manteca, J.I., García, C. y Berrocal, M. C. (1996). Sobre la creación de un parque geominero y arqueoindustrial en La Unión (Murcia), como medida de protección y puesta en valor del patrimonio histórico-minero. En L. Mansilla y R. Fernández (Coords.), *Actas de la Primera Sesión Científica sobre Patrimonio Minero Metalúrgico* (pp. 103-118). Cuenca: Universidad de Castilla-La Mancha.

Martínez, J. M. (2002). *Historia económica de la región de Murcia: siglos XIX y XX*. Murcia: Editora Regional de Murcia.

Martínez, M. (2005). Catálogo del coto minero Pedreras Viejas. *Memorias de Patrimonio,* (7), 323-326. Recuperado de http://www.patrimur.es/documents/1806272/1815035/26.pdf/48cdac3e-fcd5-431e-814e-aee6c47b4a46

Morales, F. J. (2015). La Sierra de Cartagena-La Unión (Murcia): Un ejemplo de actividad turística a través del patrimonio minero. *Papeles de Geografía*, (61), 77-96. https://doi.org/10.6018/geografia/2015/218891

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). http://es.unesco.org/

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Conferencia intergubernamental. (1954). Convención para la Protección de los Bienes Culturales en caso de Conflicto Armado. Recuperado de http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000824/082464mb.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Conferencia general. (1972). Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural. Recuperado de http://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2003). Cultural Landscapes: the Challenges of Conservation. *World heritage papers*, (7). Recuperado de http://whc.unesco.org/documents/publi_wh_papers_07_en.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Comité intergubernamental. (2005). Directrices Prácticas para la aplicación de la Convención del Patrimonio Mundial. Recuperado de http://whc.unesco.org/archive/opguide05-es.pdf

Palazón, Mª. D. (2016). La Región de Murcia ante su patrimonio industrial: Análisis de las actuaciones en materia de protección de los referentes incluidos en el Plan Nacional de Patrimonio Industrial. *Revista e-rph*, (18), 5-26. Recuperado de http://www.revistadepatrimonio.es/revistas/numero18/concepto/estudios/pdf/concepto-estudios.pdf

Pardo, C. (2008). *Turismo y patrimonio industrial*. Madrid: Editorial Síntesis.

Pardo, C. (2010). El patrimonio industrial en España: Análisis turístico y significado territorial de algunos proyectos de recuperación. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (53), 239-264. Recuperado de http://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/viewFile/1200/1123

Pardo, C. (2014). Indicadores de sostenibilidad turística aplicados al turismo industrial y minero: Evaluación de resultados en algunos casos de estudio. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (65), 11-36. Recuperado de http://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/viewFile/1741/1657

Pérez de Perceval, M. A., Manteca, J. I. y López, M. (2010). Patrimonio minero de la Región de Murcia. Áreas, (29), 140-147.

Pérez, A. (2008). *El paisaje industrial en Andalucía*. Sevilla: Junta de Andalucía.

Pérez, J. L. J. y Arés, M. E. (2017). What is the industrial and technical heritage? Understand it to preserve it. *Building & Management*, *1* (2), 46-52. https://doi.org/10.20868/bma.2017.2.3553

Puche, O., y Mazadiego, L. F. (1998). La conservación del patrimonio minero metalúrgico europeo: inventario, actuaciones de conservación, archivos y museos. *Boletín geológico y minero*, *109* (1), 77-90.

Sánchez, M. y Koch, L. (2013). Ruhr. 2010. El impacto de la declaración de la cuenca del Ruhr Ciudad Europea de la Cultura en el turismo industrial de la región. En M. Á. Álvarez (Coord.), *Paisajes culturales, patrimonio industrial y desarrollo regional* (pp. 735-745). Gijón: CICEES.

The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage (TICCIH). Asamblea internacional. (2003). Carta de Nizhny Tagil sobre el Patrimonio Industrial. Recuperado de https://www.icomos.org/18thapril/2006/nizhny-tagil-charter-sp.pdf

Vilar, J. B., Egea, P. M. y Fernández, J. C. (1990). *La minería murciana contemporánea (1930-1985)*. Murcia: Universidad de Murcia.

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

Nº 69, enero-junio de 2018, pp. 183-184.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO2018.69.11

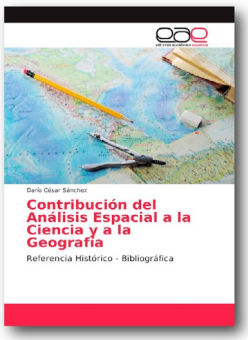
Investigaciones Geográficas
Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante

Cita bibliográfica: García Ferrero, A. (2018). Reseña de Contribución del Análisis Espacial a la Ciencia y a la Geografía. Referencia Histórico-Bibliográfica. *Investigaciones Geográficas*, (69), 183-184. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.11

Reseña de *Contribución del Análisis Espacial a la Ciencia y a la Geografía. Referencia Histórico-Bibliográfica*

Review of *Contribución del Análisis Espacial a la Ciencia y a la Geografía. Referencia Histórico-Bibliográfica*

Alejandro García Ferrero[1]



Autor: Sánchez, D.C.
Título: *Contribución del Análisis Espacial a la Ciencia y a la Geografía. Referencia Histórico-Bibliográfica*
Año: 2017
Ciudad: Saarbrücken
Editorial: Editorial Académica Española
Páginas: 628pp.
ISBN: 978-3-639-69391-1

El libro del profesor Darío César Sánchez que se presenta en esta reseña aporta un "riguroso análisis de la evolución a través del tiempo del concepto y método del análisis espacial en la ciencia y en la Geografía", con el objetivo de contribuir al debate científico, a la reflexión teórica y a la formación y al desarrollo de un sentido crítico entre los "jóvenes científicos sociales argentinos y latinoamericanos".

Para ello se aplica un enfoque y línea de interpretación que pone el acento en la dialéctica entre los grandes enfoques que han orientado el desarrollo de la Geografía y de la ciencia, partiendo de una hipótesis central de trabajo que sostiene que: "La doctrina filosófica del Neopositivismo, cimentada en el concepto de modelo, colocó a la Geografía por primera vez en un plano de igualdad con respecto a las restantes ciencias fácticas, dotándola de un lenguaje matemático y una metodología analítica que le permitieron participar de una manera protagónica en el dialogo interdisciplinario".

Así, desde la geografía cuantitativa o teorética, se defiende en la obra "la importancia de los modelos en el análisis espacial como representaciones simplificadas y rigurosas de la realidad" por ser "indispensables para representar los fenómenos observados de manera coherente, comprobable y con capacidad predictiva". También se analizan, se documentan y se oponen a estas corrientes las aportaciones del historicismo y del "pensamiento humanista vinculado a la fenomenología (…) y el existencialismo (…) que siguen definiendo la especificidad de la Sociología, la Historia y la propia Geografía". Además, se contextualiza y se estudia "la evolución del análisis espacial, del pensamiento geográfico y de las corrientes epistemológicas que los fundamentan en América Latina y en Argentina".

El trabajo está estructurado en un prólogo introductorio, realizado por el profesor M. Antonio Zárate Martín y cuatro partes en las que se ordenan los doce capítulos que integran el libro. Es común a todos ellos la calidad expositiva y la abundancia de referencias bibliográficas aportadas de tratados, de monografías, de obras colectivas, de artículos, de conferencias, de estudios de caso, etc. sobre las temáticas estudiadas.

Así, en la primera parte, el autor opone "EL ANÁLISIS ESPACIAL ANTE LOS ENFOQUES HUMANISTAS Y POSTMODERNOS (Parte I)" a través de un estudio de los contextos en los que se

1 Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), España. agarciaferr@madrid.uned.es

Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

han gestado la dialéctica entre ambos enfoques y el análisis espacial. Se presenta también una aproximación a "las características de las grandes corrientes humanistas que se han dado en la historia de la ciencia" y sus "repercusiones en la Geografía", a través de un estudio diacrónico y crítico. En éste, se examinan los antecedentes del humanismo historicista y su concreción como doctrina, así como las aportaciones de la geografía historicista, del humanismo sociologista y el materialismo dialéctico, de la geografía crítica o marxista, del humanismo psicologista y la fenomenología, de la geografía humanista y de la geografía cultural.

La "CONTRIBUCIÓN DEL ANÁLISIS ESPACIAL A LA CIENCIA EN GENERAL (Parte II)" es abordada en la segunda parte de la obra en el marco de diferentes contextos y corrientes de pensamiento. En este sentido, se comienza con un estudio y valoración crítica de las importantes aportaciones que supusieron para el origen del análisis espacial los experimentos de Eratóstenes —que en palabras del autor "Sin desmerecer la valiosa producción de otros sabios de la época clásica (…) hizo méritos suficientes para ser reconocido como el único y auténtico *Padre de la Geografía*, así como el principal antecedente del análisis espacial"—, de otros estudiosos coetáneos y de sus principales sucesores. Así mismo, se analizan los contextos de desarrollo y su contribución para el avance científico del positivismo, del empirismo lógico, de la estadística científica, del análisis multivariado con sus diferentes métodos y de las nuevas teorías matemáticas surgidas del neopositivismo.

Finalmente, este apartado muestra la influencia y la contribución del análisis espacial al desarrollo de diferentes ciencias y/o disciplinas científicas. Así, en las Ciencias Económicas se examinan las aportaciones que supusieron el modelo de Von Thünen, la consolidación de la economía espacial, el desarrollo de la ciencia regional y de los avances en la teoría de la localización, entre otras. Se analiza también el desarrollo del análisis espacial en diversas Ciencias Sociales y Humanas a través de casos de aplicación como los modelos de interacción espacial, de difusión de innovaciones y de epidemias o en los campos de la demografía matemática y los modelos demográficos, así como su presencia en la ecología, la geomorfología, el análisis urbano, la planificación territorial y la geografía prospectiva.

La tercera parte de la obra aborda la "CONTRIBUCIÓN DEL ANÁLISIS ESPACIAL A LA GEOGRAFÍA (Parte III)". Con este fin el autor examina las aportaciones de la revolución cuantitativa a la disciplina a través de sus desarrollos y realizaciones teóricas, sus escuelas más significativas, las obras de algunos de sus principales representantes y las innovaciones metodológicas que han promovido en diferentes campos de estudio del análisis espacial, haciendo especial incidencia en los numerosos avances epistemológicos que se sucedieron desde las décadas de 1950 y 1960.

Así mismo, en esta parte del trabajo también se reflexiona sobre el concepto de región geográfica, se estudia la difusión de las geotecnologías y la informática al servicio del análisis espacial, la proliferación de textos metodológicos cuantitativos y el desarrollo del análisis espacial en Argentina desde las aportaciones pioneras de economistas, urbanistas y planificadores, a la producción científica local de diferentes universidades y centros de investigación en el país.

Por último, en la cuarta parte, se presentan las "CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES (Parte IV)", recapitulando sobre la dialéctica entre positivismo y humanismo en el análisis espacial, haciendo un llamamiento a favor de la revalorización de la ciencia espacial y poniendo de relieve nuevas dicotomías surgidas en el pensamiento científico y geográfico del presente.

En definitiva, *Contribución del Análisis Espacial a la Ciencia y a la Geografía. Referencia Histórico-Bibliográfica*, aporta un profundo análisis histórico-bibliográfico del análisis espacial como concepto y como método de estudio e investigación, de su contribución al desarrollo de la Geografía y de otras ramas científicas y de su trayectoria en América Latina y en Argentina. La abundancia de referencias aportadas y las interpretaciones y explicaciones realizadas por el autor, hacen de este libro un trabajo de utilidad para abordar investigaciones basadas en la aplicación del análisis espacial o para el conocimiento de sus características y evolución a través del tiempo. Así mismo, su interés se refuerza como obra de consulta y de estudio para uso docente y para la formación de investigadores.

Nº 69, enero-junio de 2018, pp. 185-187.
ISSN: 0213-4691. eISSN: 1989-9890.
DOI: 10.14198/INGEO2018.69.12

Investigaciones Geográficas
Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante

Cita bibliográfica: Roig-Munar, F. X. (2018). Reseña de El turismo como catalizador de la pobreza. Trabajo turístico y precariedad en Cozumel, México. *Investigaciones Geográficas,* (69), 185-187. https://doi.org/10.14198/INGEO2018.69.12

Reseña de *El turismo como catalizador de la pobreza. Trabajo turístico y precariedad en Cozumel, México*

Review of *El turismo como catalizador de la pobreza. Trabajo turístico y precariedad en Cozumel, México*

Francesc Xavier Roig-Munar[1]

Autores: Rubí-González, F. y Palafox-Muñoz, A.
Título: *El turismo como catalizador de la pobreza. Trabajo turístico y precariedad en Cozumel, México*
Año: 2017
Ciudad: Barcelona
Editorial: Alba Sud Editorial, Colección Turismos
Páginas: 86pp.
ISBN: 978-84-697-2845-1

Históricamente las relaciones entre turismo y pobreza han tenido fuertes conexiones, aunque estas conexiones han operado en múltiples direcciones, y en algunos casos en sentido contrario, pudiendo identificar cuatro formas en las que se ha producido este acercamiento, siendo: a) el turismo como oportunidad de desarrollo y reducción de la pobreza, b) como beneficiado y generador de mayor pobreza, c) como posibilidad de empoderamiento colectivo a través de formas de gestión comunitaria, y d) la pobreza como atractivo turístico. Tradicionalmente el turismo para la industria, sus lobbies y organismos internacionales como la Organización Mundial del Turismo, se ha presentado como una forma de modernización y generación de divisas, empleo y actividad económica, y por tanto una opción de salida de situaciones de exclusión en términos globales, esperando que la riqueza generada derivara en una progresiva reducción general de estas situaciones en países no desarrollados. Se ha considerado beneficiosa cualquier forma de vinculación de estos sectores con la industria turística, desde el empleo directo hasta la cadena de suministros de con productos y servicios. Paralelamente, en un paso más en la búsqueda de legitimidad social, la industria turística ha incorporado en su estrategia de gestión empresarial políticas de responsabilidad corporativa en beneficio de personas en situación de menores rentas más o menos cercanas. Desde otra perspectiva la investigación social crítica ha destacado las consecuencias negativas del desarrollo turístico, poniendo el acento en la destrucción de las economías y sociedades preexistentes, así como en la consolidación de sociedades profundamente desiguales en las que destacan las condiciones de vida y trabajo precarias de los nuevos espacios turísticos. A estos aspectos hay que sumar los problemas ambientales derivados de la planificación turística afectando en muchos casos a procesos irreversibles de erosión.

Son muchos los autores que consideran el turismo como un agente generador de pobreza y vulnerabilidad social, de desigualdades económicas y de afectaciones geoambientales derivadas de la falta de planificación. El turismo se ha descrito cómo una expansión internacional del capital turístico a la búsqueda del diferencial de renda, destinos baratos, aprovechando el desarrollo geográfico desigual para vender productos turísticos a bajo coste sin asumir el pago de las externalidades ambientales que genera su desarrollo. De este modo la pobreza

1 Consultor ambiental. Carrer Carritxaret, 18-6, 07749, Es Migjorn Gran, Menorca, Islas Baleares, España. xiscoroig@gmail.com

Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

crea entornos favorables al desarrollo turístico, y a su vez contribuye a reproducirlos y perpetuarlos en diferentes espacios geográficos turísticos emergentes. En la última década la geografía crítica ha visualizado los impactos globales del modelo de desarrollo turístico. Desde esta perspectiva se han criticado las argumentaciones que vinculaban el turismo, bajo sus formas dominantes, como opción para la reducción de esta pobreza, acusándolas de herramientas de legitimación del dominio capitalista y de los procesos de desposesión y explotación que ha conllevado esta industria a la desnaturalización territorial.

En esta línea los autores del presente libro: *El turismo como catalizador de la pobreza. Trabajo turístico y precariedad en Cozumel, México* (descargable íntegramente en formato .pdf en: http://www.albasud.org/publicacion/ca/79/el-turismo-como-catalizador-de-la-pobreza-trabajo-turistico-y-precariedad-en-cozumel-mexico), han trabajado la crítica del turismo, contribuyendo en el análisis de este y como su desarrollo puede generar una mayor desigualdad. Los autores lo hacen desde uno de los campos en los que es clave que la investigación profundice sobre el turismo, el laboral, ya que para esta industria uno de sus principales elementos de legitimación es la creación de empleo. Sin embargo, es relativamente poco lo que se sabe desde un enfoque crítico sobre las características y la calidad de esta ocupación, por tanto la investigación ofrece una visión de cómo el trabajo turístico se convierte en un terreno de disputa.

En México el turismo es una actividad económica preponderante, genera 9.8% del PIB, siendo la tercera fuente de ingreso. Los autores citan a modo de ejemplo la zona turística de Quintana Roo como actor principal al generar en 2015 el 38.6% de los ingresos por turismo, pero los datos, bizarros, según los autores, señalan que en Quintana Roo ha crecido el número de pobres, a pesar de la importancia del sector turístico para la economía estatal. Para poder ser comercializables turísticamente a escala mundial, en 2012 México realizó una reforma en su legislación laboral, introduciendo conceptos "modernos" que legitimaron una serie de prácticas comunes en el mercado laboral, acordes con un nuevo modelo que obedece a la política neoliberal. Su resultado, la flexibilización laboral, supone un conjunto de acciones como: trabajo por temporada, jornadas reducidas o extendidas, contratación externa, simulación de contratación por prestación de servicios profesionales, entre otras.

El libro se divide en tres capítulos, el primero identifica la relación que existe entre la precarización del trabajo y la desigualdad social y económica; el segundo expone las transformaciones operadas en la legislación laboral y en el funcionamiento del mercado de trabajo en México; y finalmente el último analiza las condiciones laborales que establece la nueva Ley y cómo el Estado contribuye a la precarización del trabajo turístico a partir de análisis del caso específico de la isla Cozumel, Quintana Roo, entidad primordialmente turística y principal captador de divisas por concepto turístico. Se elige este marco geográfico por tratarse de un destino cuyo progreso depende del turismo y cuyos límites físicos le dan singularidad y representatividad. El análisis se realiza con entrevistas a actores sociales involucrados, plasmando las condiciones actuales del empleo turístico, factor que contribuye al incremento de la pobreza en la isla. En este sentido, para analizar el rol del turismo en el aumento de la desigualdad se inició un estudio para analizar sus diversas formas, destacando principalmente dos enfoques: ingresos y capacidades. Es a partir de esta situación que se buscan la relación con el turismo, y es en el empleo turístico donde se encuentran las explicaciones del caso. Para analizar la flexibilización laboral tipificada mediante cuatro categorías, los autores la enriquecieron mediante una nueva línea, la flexibilización estratégica, entendiendo el turismo como actividad económica en expansión que provoca que comunidades enteras se vuelvan dependientes de él. Los métodos utilizados en este trabajo para cuantificar los efectos de la pobreza son diversos y miden diferentes indicadores, los más utilizados parten de los distintos enfoques para entenderla, por ingreso y por capacidades. Cada uno de los métodos utilizados son útiles en la medida en que sean constantes al paso del tiempo, de tal manera que permitan hacer comparaciones y reflejen los avances que se tienen en el combate de sus efectos. Según los autores los datos históricos disponibles en México documentan la pobreza en materia de ingresos a partir de 1992, y reflejan que en 2014, 22 años después, esta ha aumentado en un 0.2% más.

Los autores a partir del análisis de las transformaciones legales con la reforma laboral, que vinieron a hacer legal lo que ya era práctica común, estudian qué tipo de procesos de precarización se han producido, dando la Ley Federal del Trabajo de 2012 cobertura legal a prácticas laborales como la subcontratación, los contratos por temporada y a prueba y el pago por hora, justificadas a causa de las elevadas tasas de desempleo y la necesidad de incrementar la productividad y competitiva de la economía mexicana. El método seguido por los autores ha consistido en la realización de entrevis-

tas a trabajadores de la isla caribeña de Cozumel, y los procesos de flexibilización laboral que se imponen en la industria turística favorecidos por los cambios legislativos. A partir del marco teórico se identifican cinco tipos de flexibilización y de consecuente precarización en el trabajo turístico. Según los autores una de las consecuencias de las diversas crisis recurrentes del modo de producción capitalista es la pobreza, tratada de forma metodológica y concisa en este libro. La literatura académica ha llegado a cierto consenso aduciendo que la sustentabilidad debe tener tres aristas: a) económica; b) ambiental; y c) social. A pesar de que el capitalismo ha tratado de estandarizar la vida, los impactos en la sociedad han sido tan variados que los contextos se han ido transformando a lo largo del tiempo. En esta línea los autores se hacen una pregunta básica en el desarrollo del libro: ¿de qué manera la precarización laboral ha modificado la forma de vida en una comunidad dedicada al turismo, una de las actividades con mayor crecimiento económico a nivel global?. Esta pregunta y sus respuestas rigen el libro, y para responderla se parte de una estructura que permite delimitar el discurso y la argumentación para dar evidencia en la vida real. Las experiencias de la gente contribuyen a entender la percepción de la pobreza que se vive en los destinos turísticos, aun cuando ésta es una actividad que genera importantes entradas de recursos económicos anualmente, sin que estos lleguen a los mínimos.

Los autores reflexionan sobre la flexibilización de las condiciones de trabajo en el sector turístico existe desde antes de la entrada en vigor de la reforma laboral, por lo que aseguran que su promulgación solamente vino a legalizar las conductas ilegales que ya existían, fortaleciendo las condiciones económicas de las empresas en perjuicio de los trabajadores, llevándolas al extremo de legitimar practicas poco éticas e ilegales hasta su aprobación. Según el estudio, al tratarse de prácticas generalizadas en un mercado laboral enfocado al turismo, la precarización genera pobreza en toda la comunidad, afirmando que el turismo es actualmente un catalizador de la pobreza en Cozumel.

Una vez leído el libro el lector no puede dejar de reflexionar sobre estos abusos institucionalizados y posiblemente hacer comparaciones con los mismos procesos en el estado español. Podemos pensar que en España estos problemas quizás no han sido tan relevantes o bien han pasado desapercibidos para los agentes no implicados en el sector turístico. Pero la realidad expuesta en el libro no se aleja del contexto estatal, ya que la precarización ha sido en los últimos años una tónica común visible en espacios turísticos, con algunas manifestaciones encabezadas por trabajadoras turísticas, las denominadas "verdaderas estrellas de los hoteles" en contra de la precarización, como es el caso de las limpiadoras de pisos en los hoteles de las islas Baleares, que realizaron protestas en los años 2016 y 2017. El libro ejemplifica un hecho que es extrapolable a muchos espacios turísticos, donde prima el capital neoliberal de las grandes cadenas hoteleras por encima de aspectos sociales, económicos y ambientales de los espacios turísticos receptores.

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