

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA



TESIS DOCTORAL

**Regímenes del fuego y dinámica del paisaje rural en el
Sistema Central: Serra da Estrela y Sierra de Ayllón**

**Fire regimens and rural landscape dynamics in Central
System : Estrela Massif and Ayllón Massif**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Ana Catarina Teixeira Romão Sequeira

Directores

**Cristina del Rocío Montiel Molina
Francisco Manuel Cardoso de Castro Rego**

Madrid

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA



TESIS DOCTORAL

**REGÍMENES DEL FUEGO Y DINÁMICA DEL PAISAJE RURAL EN EL SISTEMA
CENTRAL: SERRA DA ESTRELA Y SIERRA DE AYLLÓN**

**FIRE REGIMES AND RURAL LANDSCAPE DYNAMICS IN CENTRAL SYSTEM:
ESTRELA MASSIF AND AYLLÓN MASSIF**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Ana Catarina Teixeira Romão Sequeira

DIRECTORES

Cristina del Rocío Montiel Molina

Francisco Manuel Cardoso de Castro Rego

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA



TESIS DOCTORAL

**REGÍMENES DEL FUEGO Y DINÁMICA DEL PAISAJE RURAL EN EL SISTEMA
CENTRAL: SERRA DA ESTRELA Y SIERRA DE AYLLÓN**

**FIRE REGIMES AND RURAL LANDSCAPE DYNAMICS IN CENTRAL SYSTEM:
ESTRELA MASSIF AND AYLLÓN MASSIF**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Ana Catarina Teixeira Romão Sequeira

DIRECTORES

Cristina del Rocío Montiel Molina

Francisco Manuel Cardoso de Castro Rego



**REGÍMENES DEL FUEGO Y DINÁMICA DEL PAISAJE
RURAL EN EL SISTEMA CENTRAL:
SERRA DA ESTRELA Y SIERRA DE AYLLÓN**

**FIRE REGIMES AND RURAL LANDSCAPE DYNAMICS IN CENTRAL SYSTEM:
ESTRELA MASSIF AND AYLLÓN MASSIF**

Memoria para optar al grado de doctor presentada por
ANA CATARINA TEIXEIRA ROMÃO SEQUEIRA

Directores

PROF. DRA. CRISTINA DEL ROCÍO MONTIEL MOLINA

PROF. DR. FRANCISCO MANUEL CARDOSO DE CASTRO REGO

Programa de doctorado en Geografía | Facultad de Geografía e Historia

Madrid, 2020



Imagen de portada: © Fede Yankelevich

À minha querida família.

“Stop and listen. Nature is a great teacher. Live simply”

Takashi Amano & Rodrigo Leão (Forests underwater, 2015)

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis ha sido financiada por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (MINECO), actual Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICINN), a través de un contrato pre-doctoral de Formación de Personal Investigador 2015-2019 (BES-2014-068696) y dos becas de estancias breves en otros centros de investigación (EEBB-I-17-12448: enero-marzo 2017 en Portugal, y EEBB-I-19-EST2019-013099-I: marzo-mayo 2019 en EEUU), asignados al Proyecto I+D+i FIRESCAPE "Regímenes del fuego y dinámica del paisaje rural en el Sistema Central y en Sierra Morena (s. XIX-XX)" (CSO2013-44144-P) del Grupo de Investigación Complutense "Geografía, Política y Socioeconomía Forestal" del Departamento de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid. Además, también el mismo Ministerio ha financiado parte de la investigación a partir del año 2018 a través de la asignación al Proyecto I+D+i FIRESCENARIOS "Reconstrucción de los escenarios del fuego en el interior de la Península Ibérica a través de las fuentes geohistóricas, s. XVIII-XIX" (CSO2017-87614-P) del Grupo de Investigación Complutense "Geografía, Política y Socioeconomía Forestal" de la Universidad Complutense de Madrid. De esta forma, quisiera expresar mi agradecimiento tanto al Ministerio de Ciencia, como al Grupo de Investigación Complutense "Geografía, Política y Socioeconomía Forestal" de la Universidad Complutense de Madrid, por haberme permitido desarrollar mi formación académica a lo largo de estos cuatro años con acceso a todas las oportunidades de excelencia científica posibles.

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a la Prof. Cristina Montiel-Molina, mi directora de tesis y maestra, por haberme acompañado y guiado desde el primer día en el que llegué a Madrid, acogiéndome en el Grupo de Investigación y haciéndome siempre sentir bienvenida. Indudablemente este trabajo ha sido fruto de su visión, de sus ideas y de sus enseñanzas sobre el método geohistórico y los regímenes históricos de incendios. Agradezco la disponibilidad, el seguimiento constante y todas las críticas constructivas que me han posibilitado crecer en el desarrollo de mis ideas. De la misma manera, estoy enormemente agradecida al Prof. Francisco Castro Rego, mi codirector de tesis, por haberme introducido en el mundo de la investigación, en el año 2011, a través del primer proyecto I&D sobre incendios forestales del cual fui partícipe.

Su sabiduría infinita y su capacidad de simplificar lo que a mí me parece imposible, han sido esenciales para lograr dar forma a esta tesis. Gracias a él he vivido experiencias y conocido a personas las cuales todas ellas me han enriquecido y moldeado tanto profesional como personalmente.

Mis agradecimientos también a todos aquellos con los cuales he tenido la suerte de poder estar en contacto profesionalmente y que también han contribuido para la elaboración de este trabajo, sea a través de discusiones científicas o de materiales importantes. En particular a la Prof. Penelope Morgan y a la Dra. Eva Strand de la Universidad de Idaho, EEUU, que han sido dos piezas significativas en la fase final de esta tesis. Muchas gracias por haber compartido conmigo tanto conocimiento científico y humano y por permitirme divagar en mi curiosidad científica. Al Dr. João Pinho, al Ing. Rui Melo y al Ing. Rafael Neiva del ICNF en Portugal, así como, al Agente Forestal y Medio Ambiental de Cantalojas, Gregorio Cerezo, que han sido los primeros en ponerme en contacto con las áreas de estudio de esta tesis, habiendo contribuido mucho para su entendimiento *in situ*; Al Dr. António Alves da Silva de la DGT y a la Dra. Adelaide Germano del ICNF que han sido esenciales para presentarme mapas de trabajo y registros históricos en la fase inicial en Portugal; A los alcaldes de los siete ayuntamientos españoles (Cantalojas, Galve de Sorbe, La Huerce, Valverde de los Arroyos, Majaelayo, El Cardoso de la Sierra, y Campillo de Ranas), así como sus secretarios, que me han permitido consultar los archivos históricos municipales, facilitando la obtención de los materiales imprescindibles para este trabajo; A los colaboradores del Archivo Histórico Provincial de Guadalajara, en el cual he pasado casi dos años, que me han enseñado materiales igualmente imprescindibles; A los colaboradores de la biblioteca del ICNF y del Archivo Histórico del ICNF en Évora, de las Bibliotecas Nacionales y Municipal de Manteigas, de la Torre do Tombo y del Archivo Histórico Nacional. Y por último a Steve Bunting por hacerme ver el territorio con otros ojos. A todos ellos mi más sincero agradecimiento.

Mi reconocimiento al Grupo de Investigación se extiende también al Departamento de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid. Todos sus miembros siempre me han recibido con cariño y respeto. Me gustaría hacer un agradecimiento personal a la memoria del Prof. Eduardo Araque que todas las veces que

hemos coincidido me ha incentivado de una forma muy positiva y que lamentablemente no podrá ver el culminar de este trabajo. Gracias a Oskar Karlsson, Lazaro Entrenas, Chema Fernández, Luismi Tanarro, Tatyana Coelho, Raquel Feltrin, Marta Rocha, Iryna Skulska, Leónia Nunes, Susana Dias, Conceição Colaço y todos los que habéis demostrado vuestro compañerismo a lo largo de estos años con independencia del lugar de trabajo.

Por último, mi gratitud a mi familia de sangre, mis queridos Teixeira RSequeira, y a mi familia de corazón, personas especiales e importantes en este camino, particularmente a la Daley-Laursen family que me ha acogido como un miembro más de su familia. Muchas gracias a todos por el cariño, por el apoyo a todos los niveles y por la ilusión que habéis puesto en que llegara a buen puerto siempre bien acompañada de vosotros o de vuestra memoria.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen	v
Abstract	v
Índice de acrónimos y abreviaturas	v
Índice de figuras	xi
Índice de tablas	xvi
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Presentación.....	1
1.2 Organización de la tesis	3
2 MARCO TEÓRICO	5
2.1 El paisaje.....	5
2.2 El fuego.....	6
2.3 Teoría de sistemas y sistema socioecológico	7
2.4 Teoría de la resiliencia	9
3 ESTADO ACTUAL DEL TEMA	11
3.1 Presencia histórica del fuego en el territorio: Reconstrucción del registro histórico de incendios.....	13
3.2 El régimen de fuego.....	20
3.2.1 Contexto socioecológico del régimen de fuego	26
3.3 La relación fuego y paisaje rural en la Península Ibérica	30
3.3.1 El uso del fuego en el sistema rural tradicional, los cambios en la organización del paisaje y la evolución del régimen de fuego	30
3.3.2 Gestión integrada del fuego y resiliencia del paisaje al fuego.....	43
4 METODOLOGÍA	49
4.1 Hipótesis y objetivos.....	51
4.2 Diseño de la investigación	55
4.3 Área de estudio y escalas de análisis.....	57
4.3.1 Los dos extremos del Sistema Central como área de estudio	57

4.3.2 Las escalas de análisis.....	59
4.3.2.1 La escala de paisaje: Serra da Estrela y Sierra de Ayllón.....	60
4.3.2.2 La escala local: Manteigas, Sorbe y Jarama.....	70
4.3.2.2.1 Caso de estudio a escala local en la Serra da Estrela: “Manteigas”	72
4.3.2.2.2 Casos de estudio a escala local en la Sierra de Ayllón: “Jarama” y “Sorbe”	73
4.4 Materiales y métodos.....	83
4.4.1 Historia del fuego.....	83
4.4.1.1 Fuentes geohistóricas – fuentes documentales históricas.....	83
4.4.1.2 Base de datos de incendios rurales historicos	86
4.4.1.3 Definición de una leyenda de las variables de incendio.....	87
4.4.2 Uso y cubierta del suelo (LULC).....	88
4.4.2.1 Cartografía histórica.....	88
4.4.2.1.1 Conversión de la cartografía histórica de LULC a un formato vectorial (polígono).....	90
4.4.2.1.2 Conversión de los documentos históricos de aprovechamientos forestales a un formato excel y homogeneización de la información.....	91
4.4.2.2 Cartografía reciente.....	92
4.4.2.3 Definición de una leyenda de LULC común	94
4.4.3 Población, gestión del espacio forestal y meteorología.....	98
4.4.3.1 Datos estadísticos	98
4.4.4 Métodos de investigación.....	101
4.4.4.1 Investigación sobre el régimen actual de fuego en los dos extremos del Sistema Central	102
4.4.4.2 Investigación sobre el régimen histórico de fuego en los dos extremos del Sistema Central	106
4.4.4.3 Investigación sobre el régimen histórico a escala local.....	109
5 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	113
5.1 Investigación sobre el régimen actual de fuego en los dos extremos del sistema central: Half-century changes in LULC and fire in Estrela and Ayllón massifs.....	113

5.2 Investigación sobre el régimen histórico de fuego en los dos extremos del sistema central: Historical fire records at the two ends of the Iberian Central Mountain System: Estrela massif and Ayllón massif	130
5.3 Investigación sobre el régimen histórico a escala local: Landscape-based fire scenarios and fire types in the Ayllón Massif (19th and 20th centuries)	150
5.4 Resultados de análisis complementarios: El registro histórico de los incendios rurales y el uso del fuego en el sistema rural tradicional en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón	150
6 DISCUSIÓN	175
6.1 El sistema socioecológico y el fuego.....	175
6.1.1 El papel del fuego en la relación entre el sistema de población y el uso y cubierta del suelo	176
6.1.2 La influencia histórica del uso y cubierta del suelo y del sistema de gestión del espacio forestal en el régimen de fuego	178
6.1.3 Interacción del régimen de fuego con la gestión del espacio forestal y con el sistema de propiedad y tenencia de la tierra.....	180
6.1.4 La relación entre el sistema de gestión del espacio forestal y el sistema de población	183
6.2 Resiliencia del sistema socioecológico al fuego	187
7 CONCLUSIONES	195
7.1 Conclusions.....	202
8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	209
8.1 Referencias bibliográficas	209
8.2 Fuentes documentales históricas	262
8.2.1 Portugal	262
8.2.2 España	263
9 ANEXOS	271

REGÍMENES DEL FUEGO Y DINÁMICA DEL PAISAJE RURAL EN EL SISTEMA CENTRAL: SERRA DA ESTRELA Y SIERRA DE AYLLÓN

RESUMEN

Los incendios rurales han sido históricamente uno de los principales factores de transformación del paisaje en las regiones montañosas del interior de la Península Ibérica. Aunque la interacción del paisaje rural con los incendios a lo largo del siglo XX se haya estudiado abundantemente en la Península Ibérica, el conocimiento histórico a largo plazo es limitado, pero podría proporcionar un contexto valioso para comprender la resiliencia de los paisajes. El Sistema Central es una región natural que comienza en la Serra da Estrela, en Portugal, y termina en la Sierra de Ayllón, en España, sobrepasando las fronteras político-administrativas existentes. Asimismo, sus dos extremos presentan características semejantes por formar la misma región, pero sus contextos sociopolíticos son diferentes.

El objetivo principal de esta tesis es incrementar el entendimiento de los regímenes del fuego a largo plazo y la dinámica del paisaje rural en los dos extremos del Sistema Central, profundizando en la hipótesis de que el paisaje y el fuego interactúan como componentes de un sistema socioecológico, y que, cuando ese sistema socioecológico se desestabiliza, la relación se altera y el riesgo de incendios se incrementa. Para ello, se ha recurrido a diversas técnicas metodológicas de geografía. En primer lugar, se ha procedido a un análisis comparativo entre los extremos oriental y occidental del Sistema Central, en lo que se refiere a la interacción reciente entre los cambios en el paisaje y en el fuego, recurriendo sobre todo a métodos de análisis estadístico y espacial. Posteriormente, se ha reconstruido el registro histórico de incendios rurales y se ha analizado el uso del fuego en el marco del sistema rural tradicional previo a la institucionalización de la defensa contra incendios forestales y a las políticas de exclusión del fuego, comparando la Serra da Estrela y la Sierra de Ayllón y sus casos de estudio a nivel local. Para ello, se ha utilizado el método geohistórico, basado sobre todo en fuentes documentales y cartográficas. Por último, se ha profundizado a escala local de análisis en la Sierra de Ayllón, en lo que se refiere a la relación entre los cambios en

el paisaje y la evolución del régimen de fuego, igualmente, con métodos de geografía histórica.

Los resultados han demostrado que han existido varias pirotransiciones a lo largo del tiempo y que diferentes pirotransiciones se relacionan con diferentes dimensiones del paisaje. A escala de paisaje, se ha podido identificar una relación bidireccional entre el fuego, el uso y la cubierta del suelo en los dos extremos del Sistema Central en la segunda mitad del siglo XX, y se ha entendido que las causas humanas del fuego han sido en ambas sierras históricamente más relevantes que las causas ambientales. Es más, se ha podido identificar la estructura socioespacial y territorial, y los aspectos socioeconómicos y políticos se han considerado cruciales para entender las pirotransiciones encontradas a escala de paisaje y a escala local. En ese contexto, se han distinguido como más relevantes a lo largo del tiempo algunas relaciones entre los componentes del sistema socioecológico, compuesto por el sistema de población, uso y cubierta del suelo, la gestión del espacio forestal, el sistema de propiedad y tenencia, y el fuego.

En conclusión, se ha podido entender que el paisaje y el fuego eran dos componentes relacionados e integrados en el contexto de un sistema socioecológico. Al desestabilizarse ese sistema, se alteró el vínculo entre los dos componentes, lo que provocó un aumento del riesgo de incendio. Dicho aumento fue diferente en cada uno de los extremos del Sistema Central, en función de la resiliencia del paisaje en cada uno de ellos. Por lo tanto, se ha contribuido a reconocer que el fuego es un componente integrante del paisaje cultural, y se ha aportado información sobre la resiliencia de los paisajes al fuego en el Sistema Central; así como la necesidad de crear paisajes equilibrados, integrando en los mismos el régimen de fuego y no al contrario. En el sector español, se ha añadido información y conocimiento a la línea de investigación en curso, y en el sector portugués se ha contribuido a impulsar y fomentar el interés en el desarrollo de la investigación propuesta, que tiene como fin último informar sobre el desarrollo de políticas, y a definir paisajes más resilientes al fuego.

FIRE REGIMES AND RURAL LANDSCAPE DYNAMICS IN CENTRAL SYSTEM: ESTRELA MASSIF AND AYLLÓN MASSIF

ABSTRACT

Rural fires have historically been one of the main factors of landscape change in the inner mountain areas of the Iberian Peninsula. Although the interaction of fire and rural landscape throughout the 20th century has been extensively studied in the Iberian Peninsula, long-term historical knowledge is limited and can provide a valuable context to understand landscape resilience. The Central Mountain System is a natural regional unit which go beyond the existing political-administrative boundaries. It begins in the Estrela massif, in Portugal, and it ends in the Ayllón massif, in Spain. These two massifs have similar landscape characteristics, although they are opposite located in the end of the Central Mountain System and with different socio-political contexts.

The main objective of this thesis was to increase the understanding of long-term fire regimes and rural landscape dynamics at both ends of the Central Mountain System. We hypothesized that fire and landscape interact as components of a socio-ecological system, and once this socio-ecological system is disrupted that relationship is changed and the fire risk is maximized. Various methodologies of geography were used. First, a comparative analysis was carried out between the eastern and western ends of the Central Mountain System regarding the recent interaction between changes in the landscape and fire, using mainly statistical and spatial analysis methods. Second, the historical record of rural fires was reconstructed. The use of fire was analyzed within the framework of the traditional rural system prior to the setting of the forest fire defense and fire exclusion policies. Here, the geo-historical method, mainly based on documentary and cartographic sources, was used as the core method for the comparison of both massifs and their case studies at the local scale. Finally, also using geo-historical methods, the local scale of analysis in the Ayllón massif was investigated regards the relationship between fire regime changes and the landscape dynamics.

There were several pyrotransitions over time, with each pyrotransition related to different dimensions of the landscape. At the landscape scale there was a two-way relationship between fire and LULC at the two ends of the Central Mountain System in

the second half of the 20th century. The human influences on fire were historically more relevant than the environmental ones in both massifs. Moreover, the socio-spatial and territorial structure, as well as the socioeconomic and political aspects were crucial to understand the pyrotransitions found at both the landscape and local scales of analysis. In this context, some components of the socio-ecological system (population, LULC, forest management activities, and ownership) were more influential for fires than the environmental conditions over time.

In conclusion, the landscape and fire were related and integrated components of a socio-ecological system. When this system was destabilized, the link between the landscape and fire changed, causing an increased risk of more and larger fires. Such increase was different at each end of the Central Mountain System, depending on the resilience of the landscape in each of them. The resilience of landscapes to fire in the Central Mountain System and the need to create balanced landscapes by incorporating fire regimes and the socio-ecological system was also discussed. In the Spanish sector, the Ayllón massif, information and knowledge has been added to the research line already under way, and in the Portuguese sector, the Estrela massif, it has contributed to promoting and fostering interest in the development of research whose ultimate goal is to inform policy development and contribute to managing landscapes to be more resilient to fire.

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

- AFM-PT1910** Mapa Agrícola y Forestal de Portugal con fecha de referencia 1910
- AFM-PT1972** Mapa Agrícola y Forestal de Portugal con fecha de referencia 1972
- AFM-PT1974** Mapa Agrícola y Forestal de Portugal con fecha de referencia 1974
- AGE** Associação Geopark Estrela
- CEABN** Centro de Ecología Aplicada 'Prof. Baeta Neves', Universidad de Lisboa
- CLC1990** Mapa CORINE Land Cover con fecha de referencia 1990
- CLC2000** Mapa CORINE Land Cover con fecha de referencia 2000
- CLC2006** Mapa CORINE Land Cover con fecha de referencia 2006
- CLC2012** Mapa CORINE Land Cover con fecha de referencia 2012
- DGT** *Direção-Geral do Território*
- DGRF** *Direção-Geral dos Recursos Florestais*
- DRABI** *Direção Regional de Agricultura da Beira Interior*
- ESRI** Environmental Systems Research Institute
- FAO** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
- FC** Forest composition
- FHD** Registro histórico de incendios forestales
- GIF** Grandes incendios forestales/*very large* (> 500 hectáreas)
- ICNF** Instituto da Conservação da Natureza e Florestas
- IF-CLM** Base de datos de los perímetros de incendios forestales de la Provincia de Guadalajara
- IF-ICNF** Bases de datos de incendios forestales de Portugal
- IGN** Instituto Geográfico Nacional de España
- INE-ES** Instituto Nacional de Estadística de España
- INE-PT** Instituto Nacional de Estatística de Portugal
- IUF** Interfaz Urbano Forestal
- LULC** Uso y cubierta del suelo
- MAPAMA** Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente
- MRM-PT1917** Mapa de Repoblaciones de Manteigas con fecha de referencia 1917
- NFI-PT1972** Mapa forestal del Segundo Inventario Forestal Nacional Portugués con fecha de referencia 1972
- NFI-PT1995** Cuarto Inventario Forestal Nacional Portugués con fecha de referencia 1995

- NFI-PT2005** Quinto Inventario Forestal Nacional Portugués con fecha de referencia 2005
- NFI-SP1971** Mapa forestal del Primer Inventario Forestal Nacional Español con fecha de referencia 1971
- NFI-SP1991** Mapa forestal del Segundo Inventario Forestal Nacional Español con fecha de referencia 1991
- NFI-SP2002** Mapa forestal del Tercer Inventario Forestal Nacional Español con fecha de referencia 2002
- OFM-SP1956** Ortofotomapa con fecha de referencia 1956
- PDM** Planes Directores Municipales
- PGF** Plano de Gestão Florestal
- PLA-SP1896** Planimetrías con fecha de referencia 1896
- PMDFCI** *Plano Municipal de Defesa Contra Incêndios*
- PNDFCI** *Plano Nacional de Defesa Contra Incêndios*
- PROF** Planes Regionales de Ordenación Forestal
- PROT** Planes Regionales de Ordenación del Territorio
- SES** Sistema socioecológico
- SESF** *SES Framework*
- SIG** Sistemas de Información Geográfica

ÍNDICE DE FIGURAS

METODOLOGÍA

Figura 1 Modelo conceptual de la tesis.....	50
Figura 2 Hipótesis, objetivos y preguntas de investigación.....	54
Figura 3 Diseño de la investigación.....	55
Figura 4 Localización de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón en la Península Ibérica (A). Vista tridimensional de la Región natural del Sistema Central con identificación de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón (B).....	58
Figura 5 Área de estudio. Localización de la región natural del Sistema Central en la Península Ibérica (A); Localización de la Serra da Estrela (extremo occidental) y de la Sierra de Ayllón (extremo oriental) en el Sistema Central y respectivas unidades de paisaje (B); Unidades administrativas (concelho) de la Serra da Estrela (C); Unidades Administrativas (municipio) de la Sierra de Ayllón (D).....	60
Figura 6 Mapa de elevaciones de la Serra da Estrela (A); Mapa de elevaciones de la Sierra de Ayllón (B); Distribución porcentual de elevaciones frente a la área total de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón (C).....	63
Figura 7 Mapa de orientaciones de la Serra da Estrela (A); Mapa de orientaciones de la Sierra de Ayllón (B); Distribución porcentual de orientaciones frente a la área total de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón (C).....	64
Figura 8 Mapa de pendientes de la Serra da Estrela (A); Mapa de pendientes de la Sierra de Ayllón (B); Distribución porcentual de pendientes frente a la área total de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón (C).....	65
Figura 9 Mapa de área pública (Foresta Publica) y de áreas protegidas Red Natura 2000 en la Serra da Estrela (A); Mapa de área pública (Montes de Utilidad Pública) y de áreas protegidas Red Natura 2000 en la Sierra de Ayllón (B); Distribución porcentual de área pública frente a la área total de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón (C).....	69
Figura 10 Casos de estudio a escala local. Manteigas (A), y Jarama y Sorbe (B). Vista tridimensional del caso de estudio Manteigas (a), Jarama (b1) y Sorbe (b2)..	71

Figura 11 Tipos de fuentes más fructíferas para la reconstrucción del registro histórico de incendios en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón.....	85
Figura 12 Diagrama de flujo de la metodología de investigación sobre el régimen actual de fuego en los dos extremos del Sistema Central.....	105
Figura 13 Diagrama de flujo de la metodología de investigación sobre el régimen histórico de fuego en los dos extremos del sistema central.....	108
Figura 14 Diagrama de flujo de la metodología de investigación sobre el régimen histórico a escala local.....	111

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Investigación sobre el régimen actual de fuego en los dos extremos del Sistema Central

Figure 15 LULC (percent of total land area) in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B) in the second half of the 20th century.....	116
Figure 16 LULC dynamics in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B) in the second half of the 20th century.....	119
Figure 17 Fire characteristics and burned area for the 1990–1999, 2000–2005, and 2006–2011 periods in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B).....	121
Figure 18 Fire selectivity index in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B), and simple linear regression of the relationships between the main LULC categories (shrubland, forest, agriculture and agroforestry) and burned area in the Estrela massif (C).....	123
Figure 19 LULC transitions in areas with and without fire in 1990–2012 (weighted average of burned area for the 1990–2000, 2000–2006, and 2006–2012 periods), in Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B).....	125
Figure 20 Forest composition (percent of total land area) in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B).....	126
Figure 21 Fire selectivity index in the Ayllón massif (A) and Forest composition transitions in areas with and without fire in the Ayllón massif for the 1971–1991 and 1991–2002 periods (B).....	128

Investigación sobre el régimen histórico de fuego en los dos extremos del sistema central	
Figure 22 Cantalojas Municipality record of an auction of 22 timber pine trees from a rural fire occurred on August 6, 1867 at Monte Pinar.....	133
Figure 23 Record of a rural fire of 1967 in Manteigas.....	134
Figure 24 Number of fires (A) and burned area (B) in the period 1751–1979 (Estrela and Ayllón massifs).....	135
Figure 25 Number of fires in the period 1980–2000 in Estrela massif (A) and in Ayllón massif (B).....	136
Figure 26 Burned area in the period 1980–2000 (Estrela and Ayllón massifs).....	137
Figure 27 Causes of fire in the two ends of the Central Mountain System in the periods 1751–1979 and 1980–2000.....	137
Figure 28 Land use changes in Estrela massif (A) and in Ayllón massif (B).....	138
Figure 29 Two photographs of the surroundings of Manteigas town, at the glacial valley of the river Zêzere, Estrela massif, at different times.....	140
Figure 30 Number of inhabitants in Estrela massif (A) and in Ayllón massif (B)..	141
Figure 31 Livestock (annual number of sheep and goats) in Estrela massif.....	142
Figure 32 Changes in forest uses in Estrela massif (A) and in Ayllón massif (B)	143
Figure 33 Photograph of the surroundings of La Huerce town, municipality of La Huerce, Ayllón massif, which is extremely depopulated.....	145
 Investigación sobre el régimen histórico a escala local	
Figure 34 Number of fires recorded in the Ayllón massif and tipping-points (or pyrotransitions) of the fire regime dynamics.....	153
Figure 35 Occurrence of fires in Jarama and Sorbe (A); Extent of fires in Jarama and Sorbe (B).....	154
Figure 36 Fire size in Jarama (A) and Sorbe (B).....	155
Figure 37 Fire causes in Jarama and Sorbe.....	156
Figure 38 Spatio-temporal distribution of fire occurrence.....	157
Figure 39 Relative demographic evolution of Spain, Ayllón massif, Jarama and Sorbe case studies.....	158

Figure 40 Land use dynamics in Sorbe through the 19th and 20th centuries (1895–1897, 1956–1957 and 1999–2001) in Jarama and in Sorbe case studies.....	159
Figure 41 Land use changes in Sorbe and in Jarama in (1895–1897) – (1956–1957) and (1956–1957) – (1999–2001).....	160
Figure 42 Social indicators of forest resources management until 1990.....	161
Figure 43 Average livestock density (number of livestock per hectare) in Sorbe and Jarama.....	162

Resultados de análisis complementarios

Figura 44 Frecuencia anual de incendios (conatos e incendios > 1ha) y área ardida en la Serra da Estrela en 1980-2015 (A) y en la Sierra de Ayllón (1983-2015) (B).....	169
Figura 45 Estacionalidad de incendios en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón en el período histórico (hasta 1980s) y en el período estadístico (1980s–2015).....	170
Figura 46 Tamaño del incendio anual más grande en el período comparable de 1953–2015 en la Serra da Estrela (A) y en la Sierra de Ayllón (B).....	172
Figura 47 Distribución espacial de los puntos de ignición de los incendios en la Serra da Estrela en el período histórico (hasta 1980) y en el periodo estadístico (1980–2015) y de acuerdo con su nivel de precisión de ubicación (A).....	173

DISCUSIÓN

Figura 48 Componentes integrantes del SES abordados en la investigación y dependencias más evidentes encontradas.....	175
Figura 49 Poblaciones y repoblaciones (en número de árboles), y siembras (en hectáreas), en Manteigas en 1888–1933.....	180
Figura 50 La relación entre los cambios en la composición del paisaje y la evolución del régimen de fuego en los dos extremos del Sistema Central.....	185

ÍNDICE DE TABLAS

ESTADO ACTUAL DEL TEMA

Tabla 1 Parámetros de definición del fuego.....	21
Tabla 2 Algunos ejemplos de estudios previos en los que se usan variados parámetros para la reconstrucción de los regímenes del fuego en la Península Ibérica (~500 años).....	25
Tabla 3 Dinámicas y sus consecuencias en las áreas rurales de Portugal.....	32
Tabla 4 Dinámicas y sus consecuencias en las áreas rurales de España.....	37

METODOLOGÍA

Tabla 5 Montes del Estado bajo Régimen Forestal situados en la Serra da Estrela y sus características desde 1888 hasta la actualidad.....	75
Tabla 6 Montes del Estado bajo Régimen Forestal situados en la Sierra de Ayllón y sus características desde 1888 hasta la actualidad.....	78
Tabla 7 Materiales usados – Fuentes geohistóricas, tipos de archivos consultados y tipo de información obtenida.....	84
Tabla 8 Características de la FHD para la Serra da Estrela y para la Sierra de Ayllón.....	86
Tabla 9 Leyenda de causas de incendio definida para la investigación.....	87
Tabla 10 Materiales usados – Cartografía histórica y sus características.....	89
Tabla 11 Materiales usados – Datos espaciales y sus características.....	92
Tabla 12 Leyenda de LULC de cuatro niveles definida para la investigación.....	94
Tabla 13 Nomenclatura de los Mapas Agrícola y Forestal de 1910, 1972 y 1974 (AFM-PT) y del mapa del Inventário Forestal de Portugal 1972 (NFI-PT1972), y su reclasificación según la leyenda de investigación en dos niveles.....	95
Tabla 14 Nomenclatura del CORINE Land Cover (CLC), y su reclasificación según la leyenda de investigación en tres niveles.....	95
Tabla 15 Resumen de los Inventarios Forestales Nacionales (NFI) de Portugal y de España.....	96

Tabla 16 Nomenclatura del Inventario Forestal Nacional (NFI) de Portugal y de España, y su reclasificación según la leyenda de investigación en el nivel IV (FC).....	97
Tabla 17 Materiales usados – Datos estadísticos y sus características.....	98

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Table 18 Number of fire records for each type of archive.....	133
Table 19 Pyrotransitions in Estrela and Ayllón massifs	146
Table 20 Number of fire records for each period and fire database.....	152
Table 21 Population and settlement system dynamics.....	158
Table 22 Fire scenarios variables.....	164

1 | INTRODUCCIÓN

1.1 PRESENTACIÓN

El fuego es un elemento que está presente en la Tierra desde antes de la existencia de la humanidad y ha desempeñado un papel crucial en el desarrollo de esta. No obstante, aún no se ha podido comprender del todo su relación, generando episodios catastróficos en varios puntos del mundo. La Península Ibérica es uno de esos lugares donde, especialmente, en las últimas décadas, se ha visto un aumento en el número de grandes incendios rurales y, en particular, en sus impactos catastróficos para las comunidades. Así pues, se han ido desarrollando en Portugal y en España no sólo los conocimientos, las medidas y las técnicas de prevención y extinción, sino que igualmente se ha apostado por el desarrollo del conocimiento de las técnicas de gestión post-incendio.

En Portugal, es un ejemplo el *Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios* (PNDFCI), aprobado en 2006 (*Decreto-Lei n.º. 124/2006* y posterior *Lei n.º. 76/2017*), que surge con la intención de disminuir las ocurrencias de incendios rurales y aumentar la resiliencia del territorio a estos a través del perfeccionamiento de la estructura de actuación, de la mejora de las técnicas de extinción, y de la recuperación de las áreas afectadas; así como la posterior creación de la *Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais* (AGIF) en 2018 (*Decreto-Lei n.º. 12/2018, 16 Fevereiro*), creada para coordinar la implementación de este sistema de gestión integrada. Y, aunque la implementación de la PNDPCI a nivel regional aun no sea satisfactoria (Nunes, 2012), la incidencia de incendios en Portugal desde 2006 se ha acercado mucho a la prevista por este documento (Mateus, 2015).

En España, el marco jurídico nacional cuenta con la Ley 43/2003 (la cual derogó la anterior Ley de Montes de 1957), y Leyes 10/2006, 21/2015 y 9/2018, de Montes, en las que se apunta a una gestión sostenible e integrada de los montes y en las que se establece la necesidad de coordinación entre las diversas administraciones en materia de incendios rurales. Al igual que en las Comunidades Autónomas, se han adoptado varias normativas relativas a la gestión de la prevención y extinción de incendios rurales y de

la restauración post-incendio (p. ej., el Programa de Prevención de Incendios y Reconstrucción de los Montes de Cataluña –Programa Foc Verd–, aprobado por la Ley 10/1986, de 24 de noviembre).

Por otra parte, la investigación acerca de todos estos aspectos sobre los incendios y el contexto en el que se enmarcan se encuentra bastante desarrollada en ambos países, p. ej., en las Universidades Portuguesas de Lisboa, Trás-os-Montes e Alto Douro y Coimbra, así como en las Universidades Españolas de Madrid, Barcelona, y Valencia, y a través de la cooperación transfronteriza, p. ej., con los proyectos de investigación europeos que han contado con la Península Ibérica (PHOENIX (2005–2009), FIREPARADOX (2006–2010), FUME (2010–2013) y FORESTERRA (2012–2015), entre otros). Estos, junto con la constitución de comisiones y fundaciones, como la Pau Costa Foundation (España, 2011), o el *Observatório Técnico Independente para análise, acompanhamento e avaliação dos incêndios florestais e rurais que ocorram no território nacional* (Portugal, 2017), demuestran que hay una intención de conectar la investigación, la política y la sociedad, buscando implementar el conocimiento adquirido y lograr un mejor resultado. Asimismo, en los esfuerzos desarrollados para la prevención, extinción, y gestión post-fuego, se ha intentado encarecidamente entender qué lugar ocupa el fuego en los sistemas rurales actuales ante el reconocido gran cambio acaecido en la segunda mitad del siglo XX. Ahora bien, este esfuerzo se traduce en investigaciones que recurren a las estadísticas de incendios de la segunda mitad del siglo XX, lo que excluye un periodo temporal más largo, pero aun así, reciente, anterior al gran cambio rural.

Este trabajo se ubica en el contexto mencionado anteriormente. Se enfoca en la Península Ibérica, tratando de entender cómo se ha manejado el fuego a lo largo del tiempo y cómo ese manejo ha influido en el paisaje rural de montaña y en el régimen de fuego actual. Para ello, se ha trabajado a escala de paisaje y a escala local en los dos extremos del Sistema Central Ibérico, buscando cerrar la brecha temporal que existe entre la información proporcionada por las fuentes paleoambientales y dendrocronológicas, por un lado, y las estadísticas oficiales de incendios forestales en Portugal y en España, por el otro; además de estudiarse el período estadístico en comparación con el histórico. Se añadió, también a través de la geohistoria, el análisis del paisaje correspondiente a ese periodo temporal, contribuyendo a una visión de la

gestión integrada del fuego en relación con el paisaje y al concepto de creación de paisajes de montaña más resilientes al fuego. Desde esa perspectiva, la investigación desarrollada, así como su enfoque, constituye una herramienta con potencial para ser considerada en la definición de políticas nacionales a nivel municipal y, por lo tanto, sus aportaciones científica y social se entrelazan.

1.2 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

Esta tesis se organiza en siete bloques. En el presente capítulo 1 se presenta el tema, y en el capítulo 2, se definen los conceptos clave de la tesis (paisaje y fuego), así como las bases teóricas usadas.

El capítulo 3 se divide en tres secciones de revisión del estado actual del tema. En la primera sección, se revisa la bibliografía sobre la presencia histórica del fuego en el territorio rural, en particular, cómo se ha reconstruido metodológicamente el registro histórico de incendios. En la segunda sección, se hace una revisión de la bibliografía sobre el régimen de fuego, definiendo dicho concepto, por un lado, y factores contextuales, por otro. En la tercera sección, se trata la relación entre el fuego y el paisaje rural a través del análisis del uso del fuego en el sistema rural tradicional, de los cambios en la organización del paisaje y la evolución del régimen de fuego, y de los marcos teóricos de la gestión integrada del fuego y del paisaje y la resiliencia del paisaje al fuego.

El capítulo 4 presenta el modelo conceptual de la tesis que conecta los conceptos clave identificados en el marco teórico y en el estado actual del tema, que se aplicarán en la investigación; así como la metodología utilizada en la tesis en cinco secciones: la definición de la hipótesis y los objetivos, el diseño de la investigación, el área de estudio, los materiales y los métodos desarrollados.

El capítulo 5 está dividido en cuatro secciones, con los resultados que constituyen la investigación principal de esta tesis. Las primeras tres secciones están redactadas en inglés, ya que se basan en tres artículos publicados en revistas científicas, sujetos al proceso de revisión por pares. La primera sección estudia los cambios recientes (últimos 50 años) en el uso y la cubierta del suelo y en su interacción con el fuego en las dos áreas de estudio. La segunda se remonta a la historia del fuego en los últimos 200 años, una

vez más en las dos áreas de estudio, con un enfoque especial en los cambios en el régimen de fuego y sus causas estructurales. En la tercera sección, se investigan los escenarios territoriales del fuego y los incendios tipo en el extremo oriental del Sistema Central en los siglos XIX y XX, con el propósito de entender su evolución. Y en la cuarta se presentan resultados de análisis complementarios a los resultados anteriores.

En el capítulo 6, se incluye una discusión integradora de todos los resultados obtenidos. Para ello, se presenta una primera sección, en la que se discute el registro histórico de los incendios rurales y el uso del fuego en el sistema rural tradicional en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón; una segunda, en la que se discute la relación entre los cambios en la organización del paisaje y la evolución del régimen de fuego en los dos extremos del Sistema Central; y una última, en la que se aborda la resiliencia del paisaje al fuego. Este capítulo es fruto del pensamiento del Grupo de Investigación Complutense "Geografía, Política y Socioeconomía Forestal" y de sus discusiones sobre el tema en análisis a lo largo del tiempo y aplicado también a otras áreas.

Finalmente, en el último bloque, en el capítulo 7, se presentan las conclusiones generales de la tesis en español y en inglés.

2 | MARCO TEÓRICO

El tema de esta tesis se ha abordado desde el ámbito de la Geografía Histórica y, desde una perspectiva sistémica, analizando el paisaje con un enfoque holístico y territorial. Además, se ha evaluado la gestión del territorio con un enfoque cuantitativo y cualitativo, especialmente por lo que se refiere a los aprovechamientos forestales. En este contexto, se definen a continuación los conceptos clave, tal y como se han manejado, así como las bases teóricas en las que se insertan.

2.1 EL PAISAJE

Según la Convención Europea del Paisaje 2000 (Council of Europe, 2000), el paisaje es un concepto que se refiere a 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. Además de este concepto general, se ha usado:

- *Paisaje forestal*: Comprende las áreas de bosque que, según el inventario forestal nacional, se refiere al conjunto de los poblamientos forestales (área $\geq 0,5$ hectáreas, ancho ≥ 20 metros, con árboles forestales con altura o capacidad para llegar a ≥ 5 metros, y cubierta $\geq 10\%$). En ellos se incluyen también las áreas temporalmente no arborizadas, tales como las áreas ardidadas recientes o en regeneración y las que han sido talladas. Además se incluyen los matorrales, los cuales se refieren a áreas de vegetación espontánea de matorral o formaciones arbustivas con las siguientes características dimensionales: área $\geq 0,5$ hectáreas, ancho ≥ 20 metros, altura ≥ 50 centímetros, y cubierta $\geq 25\%$ (ICNF, 2013).
- *Paisaje rural*: El concepto de paisaje rural comprende no solo el ámbito del paisaje forestal, sino también las áreas agrícolas (i.e., con cultivos agrícolas perenes, temporales o en barbecho) y las áreas de pastizal (i.e., con vegetación herbácea con el fin del pastoreo) con un área $\geq 0,5$ hectáreas, ancho ≥ 20 metros (Agnoletti & Santoro, 2015; ICNF, 2013; Tedim & Paton, 2012).
- *Paisaje cultural*: Este concepto es un tanto ambiguo en su definición, puesto que se parece mucho al concepto de paisaje definido por la Convención Europea del Paisaje, aunque su base sea más propiamente de carácter proteccionista y conservacionista

del espacio. El concepto de paisaje cultural se ha ido delineando en el siglo XX, entre otros, por la UNESCO y el Consejo de Europa (años 1960), el *International Scientific Committee on Cultural Landscapes* (años 1970), y el Comité del Patrimonio Mundial (años 1980). Se institucionaliza con la Convención Mundial del Patrimonio de la UNESCO de 1992, y se hace efectiva con la introducción en 1995 de los dos primeros paisajes culturales, uno en Portugal y otro en Filipinas, en la Lista de Patrimonio Mundial UNESCO (Amaral *et al.*, 2001; Ferreira, 2014; Fowler, 2003). Según dicha convención, un paisaje cultural es un paisaje en el que el ser humano deja o ha dejado sus marcas (registradas o no), afectando a su percepción. Esto se debe a que el producto de esa interacción del medio natural con el medio humano puede ser tanto una realidad física, como una construcción social o cultural. El concepto se divide en tres categorías, (1) paisajes diseñados y creados intencionalmente por el ser humano, (2) paisajes que han evolucionado orgánicamente (paisaje fósil o reliquia, y paisaje en continuidad), y (3) paisajes culturales asociativos (UNESCO World Heritage Centre, 2008; World Heritage Committee, 1972).

2.2 EL FUEGO

A pesar del uso frecuente del fuego por parte del ser humano, los incendios rurales no siempre se habían visto desde la perspectiva actual en las zonas de clima mediterráneo. De hecho, a principios de los años 1920s, se percibía como un elemento negativo provocado por el ser humano, y en la segunda mitad del siglo XX, comenzó a entenderse desde un punto de vista ecológico junto con sus características de configuración del paisaje (Naveh, 1975). El fuego presenta ambos componentes: uno es el componente útil, positivo y necesario, cuyos beneficios incluyen la reproducción forestal, la mejora del hábitat y la reducción de amenazas de insectos y enfermedades; y el otro es el componente negativo del riesgo y la amenaza para la vida y para la propiedad humana, y del cambio en el paisaje y los ecosistemas, como los hábitats y la degradación de la calidad del aire (Bright, Newman, & Carroll, 2007). El equilibrio entre los componentes positivo y negativo de los incendios forestales depende del control de su uso y de la consistencia de los regímenes del fuego, en definitiva, de si el régimen de fuego está armonizado con la dinámica de la estructura del paisaje. Si hay una

discrepancia entre los dos, el resultado podría ser desastroso (Silva, Rego, Fernandes, & Rigolot, 2010a). Por lo tanto, el fuego ha desempeñado y sigue desempeñando un papel muy importante desde la perspectiva del contexto humano, no solo desde la perspectiva de la herramienta de gestión del territorio, sino también desde el punto de vista del contexto ecológico/ecosistémico.

En esta tesis se han considerado y adoptado los siguientes conceptos:

- *Fuego*: concepto general que significa oxidación rápida, generalmente con emisión de calor y de luz (National Wildfire Coordinating Group, 2014).
- *Quema tradicional*: fuego intencionado y controlado con el propósito de gestionar el territorio rural en lo que se refiere a las actividades agrosilvopastorales.
- *Quema prescrita*: concepto más actual que, en la práctica, se refiere al mismo que el anterior. Se entiende como un fuego controlado, i.e., la aplicación deliberada de fuego en combustibles rurales en un contexto de manejo del territorio y de acuerdo con los objetivos de gestión de este (Fernandes & Botelho, 2003).
- *Incendio*: se refiere a un fuego incontrolado, percibido por el ser humano como una amenaza para la vida y la propiedad (Costa, Castellnou, Larrañaga, Miralles, & Kraus, 2011), i.e., se refiere a eventos desastrosos de fuego, con independencia de su contexto.
- *Incendio forestal*: concepto que apunta al fuego, exclusivamente en entornos forestales (incluyendo los matorrales) (Ley 43/2003, de 21 de noviembre, 2003). Es un incendio que se propaga sin control sobre los combustibles forestales ubicados en los montes (S. E. C. F., 2005).
- *Incendio rural*: concepto vinculado a eventos de incendio en áreas rurales (incluye los entornos forestales y la agricultura y pastos). Se enfoca en el riesgo y no tanto en el uso de la tierra afectada. Se entiende como un proceso ecológico, como parte integral del funcionamiento del ecosistema (Costa *et al.*, 2011).

2.3 TEORÍA DE SISTEMAS Y SISTEMA SOCIOECOLÓGICO

La Teoría de Sistemas se basa en relaciones, interacciones, retroalimentaciones, auto-organización y jerarquías de partes que forman un sistema y que se evalúan desde una interdisciplinariedad (Stojanovic *et al.*, 2016). La importancia de esta teoría reside en

el enfoque usado en su aplicación, i.e., un método sistémico, el cual se pretende adoptar en esta tesis: es interdisciplinario, permite análisis cuantitativos y cualitativos, se aplica a sistemas de una complejidad variada, y tiene una base empírica y teórica (Domínguez-Ríos & López-Santillán, 2016).

El sistema socioecológico (SES) es un concepto con origen en la ecología para enfatizar el papel del ser humano en los ecosistemas. Actualmente, se ha insertado también en las ciencias sociales y constituye un concepto muy completo para estructurar un marco teórico que incluya un análisis bidireccional entre la dimensión social y la dimensión ecológica del sistema. Un SES es, por lo tanto, un sistema complejo y dinámico con una gran interdependencia entre sus componentes sociales y ecológicos. Es resiliente, equilibrado, con una capacidad adaptativa continua, y dependiente de la escala espaciotemporal de análisis (Binder, Hinkel, Bots, & Pahl-Wostl, 2013; Redman, Grove, & Kuby, 2004).

Se han dibujado y se siguen actualizando diversos marcos teóricos dentro de las ciencias sociales para analizar los SES (Binder *et al.*, 2013), tales como el *Human-Environment System*, que se caracteriza por relacionar e integrar el conocimiento de varias disciplinas, culminando en una guía metodológica para investigar las estructuras de los SES y los procesos y las dinámicas entre la vertiente social y la ecológica, en diferentes escalas (Scholz & Binder, 2003, 2004). Sin embargo, el más conocido es el *SES Framework* (SESF) que recopila de forma jerárquica las variables relevantes para el análisis de un SES, y que se viene aplicando a la gestión de los recursos naturales con un enfoque en la sostenibilidad (Hinkel, Cox, Schlüter, Binder, & Falk, 2015; McGinnis & Ostrom, 2014; Ostrom, 2009).

Sabiendo que el SESF es un marco teórico con un grado de complejidad muy elevado y que no es fácil de aplicar al ámbito que se propone, al tratarse de un ámbito histórico y no haber datos suficientes, la propuesta metodológica consiste en apoyar la investigación de esta tesis en este marco, adaptando los conceptos y el acercamiento del SESF e identificando sus componentes en el área específica de las dos sierras de estudio, aunque no se aplique su plantilla.

2.4 TEORÍA DE LA RESILIENCIA

Un sistema resiliente es el que tolera una perturbación sin llegar a colapsar o transformarse en un sistema con características totalmente nuevas, por lo que se basa en un ciclo dinámico interconectado de escalas espaciotemporales (Redman & Kinzig, 2003).

La resiliencia es un concepto que puede aplicarse en diferentes contextos y disciplinas. Folke (2006) refiere tres interpretaciones diferentes del concepto, entre las que se encuentran las dos siguientes: la resiliencia ecológica, que se enfoca en la persistencia y robustez, en un contexto de equilibrios múltiples y paisajes de estabilidad; y la resiliencia socioecológica, que se centra en la capacidad adaptativa, en el aprendizaje y en la innovación, en un contexto de retroalimentación integrada del sistema e interacción dinámica a gran escala.

La resiliencia es además la capacidad de reconstruirse de forma creativa, transformando los puntos negativos en nuevas oportunidades y ventajas. Permite la condición de coexistencia de comunidades en condiciones de riesgo, a través de la comprensión de los patrones y los procesos que fomentan las capacidades de mitigación del riesgo o regeneración de los sistemas sociales y ecológicos. En el área de la ecología, según Folke (2006), la capacidad de renovación, reorganización y desarrollo no está aún muy explorada. Dentro del marco ecológico, la resiliencia es un concepto que se dio a conocer en 1973, en un esfuerzo por comprender los sistemas dinámicos lejos del equilibrio (Gunderson, 2016). Holling (1973) lo definió como la magnitud de la perturbación que un sistema puede manejar antes de que ocurriera un cambio de estado. Por lo tanto, se centró en la estabilidad y en la persistencia. Folke *et al.* (2004) se han centrado en la capacidad de un sistema para absorber las perturbaciones y reorganizarse en los mismos elementos esenciales anteriores. Refieren cuatro aspectos críticos de los atributos de la resiliencia, que son (1) latitud, i.e., cuánto más puede cambiar un sistema mientras mantiene su capacidad de reorganizarse dentro del mismo estado; (2) resistencia, i.e., la dificultad de cambio; (3) precariedad, i.e., hasta que la reorganización sea difícil o imposible; y (4) relaciones de escala cruzada, referidas a las interacciones e influencias de los tres atributos anteriormente mencionados entre sí y entre el contexto.

3 | ESTADO ACTUAL DEL TEMA

El fuego es una presencia natural en los paisajes rurales de clima mediterráneo, aunque con diferente régimen de fuego según el área (Montiel-Molina, 2013b). Estos paisajes rurales contienen una huella importante de la actividad antrópica que los ha ido manteniendo a lo largo del tiempo a través de sus actividades tradicionales que, en buena medida, incluían al fuego como herramienta de gestión (Costa *et al.*, 2011). A partir de la segunda mitad del siglo XX, los cambios acaecidos en estos paisajes antropizados se han acelerado, así como los cambios en los regímenes del fuego (Bowman *et al.*, 2011; Darques, 2016; Mazzoleni *et al.*, 2004), lo que ha generado multitud de estudios con enfoque en el binomio fuego-paisaje y sus posibles escenarios futuros, a menudo generados sobre una base climática incierta considerando el calentamiento global (Pausas & Paula, 2012). Además, el hecho de que el paisaje rural represente la mayor parte del paisaje mundial, justifica el interés de diferentes ciencias en el estudio de su dinámica (García-Quintana *et al.*, 2005). La adaptación de estos paisajes a los continuos cambios globales socioeconómicos y políticos ha venido produciendo una desarticulación del sistema rural tradicional la cual se ha acentuado en las últimas décadas (Alario & Morales, 2012). A medida que la relación del ser humano con el paisaje rural se ha hecho más independiente, las dinámicas rurales han ido cambiando (Castellnou & Nebot, 2007); esos cambios han producido un impacto en el régimen de fuego que, a su vez, ha impactado en las dinámicas del paisaje rural (es decir, una relación bidireccional). Como resultado, en la cuenca mediterránea, actualmente se pueden considerar dos tipos de escenarios rurales de montaña: el abandono de los bosques, principalmente en el norte del mediterráneo, y la degradación excesiva del suelo, en el sur y en el este del mediterráneo (Fao & Plan Bleu, 2013). Debido a que los mosaicos agroforestales han cambiado, ya que las nuevas dinámicas caracterizaron las mismas áreas antiguas, también hubo un aumento en la ocurrencia de incendios forestales, así como en el área ardida y en la severidad del fuego (Bodi, Cerda, Mataix-Solera, & Doerr, 2012; Rego, 2001; Silva, Vaz, Moreira, Catry, & Rego, 2011; Tedim & Paton, 2012).

La Península Ibérica es un territorio altamente afectado por el fuego. De hecho, Portugal fue el primer país de la cuenca mediterránea más afectado por los incendios, y

España, el segundo (European Commission, 2012; Schmuck *et al.*, 2015). En efecto, el fuego ha tenido una presencia continua en las zonas rurales de montaña de la Península Ibérica (Montiel-Molina, 2013b) y, considerar que tanto la forma como la acción humana y las políticas implementadas (p. ej., la exclusión total de incendios, las quemadas prescritas u otras referentes al manejo integrado del fuego) han impactado en el paisaje es bastante interesante para entender no solo la relación a través del tiempo entre el mantenimiento de la identidad del paisaje, sino también la evolución del binomio fuego-paisaje. Asimismo, el período temporal histórico de los últimos dos siglos se nos presenta como imprescindible para comprender y gestionar los escenarios futuros, evitando situaciones desastrosas, no porque las condiciones pasadas se repitan en el futuro, sino porque estas a veces se perpetúan en el paisaje (Agee, 1996; Dearing, Braimoh, Reenberg, Tumer, & van der Leeuw, 2010; Puerta-Piñero *et al.*, 2012; Rhemtulla & Mladenoff, 2007).

En este capítulo se aborda la relación entre el fuego y el paisaje rural a lo largo del tiempo en las áreas de clima mediterráneo, principalmente en la Península Ibérica. Cabe mencionar que la casi totalidad de los bosques de clima mediterráneo se concentran en la cuenca mediterránea; las demás están en California, Australia, Sudáfrica y Chile (Valls, Jakešová, Vallés, & Galiana, 2012).

El fuego y el paisaje están vinculados, pues se influyen mutuamente. Sin embargo, el nivel de influencia depende de la escala de análisis espacial y temporal. Se mencionan en este capítulo varias escalas de análisis, pero se consideran sobre todo la regional y la escala de paisaje, y el enfoque temporal principal se enmarca en los últimos dos siglos. Se hace una revisión sobre todo de la literatura más reciente, desde la perspectiva de la geografía. Para ello, se ha estructurado de acuerdo con las siguientes preguntas con un enfoque especial en la Península Ibérica:

P1. ¿Cómo se ha reconstruido el registro histórico de incendios rurales?

P2. ¿Cuál ha sido el régimen de fuego en el sistema rural tradicional?

P3. ¿Cómo se ha conformado la relación entre los cambios en la organización del paisaje y la evolución del régimen de fuego?

3.1 PRESENCIA HISTÓRICA DEL FUEGO EN EL TERRITORIO: RECONSTRUCCIÓN DEL REGISTRO HISTÓRICO DE INCENDIOS

Hay estudios que indican que el fuego está presente en la Tierra desde hace ~325–400 millones de años (Bowman *et al.*, 2009; Scott & Glasspool, 2006), que el uso humano del fuego controlado pudo haber empezado hace ~690–790 mil años en África y hace ~300–400 mil años en Europa, y que a partir del Neolítico el ser humano empezó a usar el fuego para el desarrollo de sus actividades agrícolas y ganaderas (Bowman *et al.*, 2009; Moore & Rhodes, 2000; Pyne, 1997; Roebroeks & Villa, 2011; Scott, Bowman, Bond, Pyne, & Alexander, 2014; Wrangham, 2017). Se han utilizado diferentes metodologías para reconstruir la historia del fuego; dichas metodologías pueden ser clasificadas según los materiales utilizados para la reconstrucción, estando estos directa o indirectamente relacionados con el fuego. Además, también varían según la escala espacial y la escala temporal de análisis. Cada metodología tiene sus fortalezas y debilidades, relacionadas con la riqueza y calidad de los datos y con su cobertura espacial y temporal. Asimismo, diferentes metodologías, por sí mismas y combinadas entre ellas, se adecúan a diferentes objetivos de investigación (Bowman *et al.*, 2011; Conedera *et al.*, 2009; Kent, 2014).

Las metodologías de enfoque paleoambiental, tales como la antracología y la palinología, permiten retroceder más en el tiempo en lo referido a la reconstrucción del registro histórico del fuego (Bowman *et al.*, 2011). La antracología se basa en la recolección y análisis de micro y macrocarbones y maderas de registros sedimentarios que son más comúnmente encontrados en yacimientos arqueológicos. Este método ha tenido un incremento en su utilización muy pronunciado en los años noventa, y ha empezado a usarse más en investigaciones de carácter arqueológico y paleoecológico, incluso más allá de los yacimientos arqueológicos (Aleman, Hennebelle, Vannière, Blarquez, & the Global Paleofire Working Group, 2018). En efecto, el análisis de carbones que se encuentran depositados de forma estratificada en la naturaleza permite no sólo la reconstrucción a largo plazo, y especialmente a un nivel local, de la historia del fuego (la identificación de eventos de incendio), sino también la reconstrucción de la historia de la vegetación (la identificación de las especies vegetales que han ardido), y proporciona información sobre las culturas humanas pasadas, los ambientes y el clima (Agee, 1993;

Ludemann & Nelle, 2017; Whitlock & Larsen, 2002). La palinología se refiere a la recolección y análisis de pólenes y no es de tan amplia aplicación, ya que en los ambientes más húmedos no siempre se puede utilizar, a diferencia de los carbones. Esta metodología analiza materiales no impactados físicamente por el fuego, i.e., análisis de cantidades y calidad de pólenes, incluyendo la identificación de especies tolerantes al fuego (Burjachs & Expósito, 2015). Estas metodologías paleoambientales directa e indirectamente relacionadas con el fuego han permitido una reconstrucción continua de la presencia del fuego, p. ej., a través del cálculo del CHAR (*Charcoal Accumulation Rate*), de diagramas de polen, o a través de una asociación entre la existencia de algunas especies y la presencia del fuego (Carracedo Martín *et al.*, 2017; Robles-López *et al.*, 2019). Los cambios en la población de moluscos, insectos y vertebrados también se han asociado como un indicador biológico de la presencia del fuego (Conedera *et al.*, 2009). Su fortaleza es, sin duda, la escala temporal tan amplia que cubren y que representa una oportunidad para proporcionar información sobre el funcionamiento ecológico de los ecosistemas a largo plazo, puesto que alcanzan el periodo de las primeras plantas y los primeros incendios en la tierra (Aleman *et al.*, 2018; Bowman *et al.*, 2011). Su mayor debilidad es la escala espacial incierta a la que se refieren, ya que las partículas viajan diferentes distancias según su tamaño (Baker & Dugan, 2013; Higuera, Peters, Brubaker, & Gavin, 2007). Por esa razón, las partículas con un diámetro superior a 100 μm se usan para un análisis local, y las más pequeñas se usan para un análisis regional (Whitlock & Bartlein, 2003). Además, la palinología tiene la antedicha debilidad de no poder utilizarse en ambientes húmedos y la antracología deja fuera el conocimiento de los incendios que han afectado a plantas no leñosas, i.e., en las zonas de pastizal (Carracedo Martín *et al.*, 2017). Las dataciones radiométricas de restos orgánicos (carbono) y la inferencia filogenética son otros métodos que, aunque no sean capaces de retroceder a períodos tan antiguos, son capaces de referirse a los de hace ~100 millones de años (Bowman *et al.*, 2011), que se han explorado por su fortaleza al ser capaces de inferir tendencias a una escala mayor que la local, aunque funcionan mejor en combinación con otras metodologías (Cianciaruso, Silva, Batalha, Gaston, & Petchey, 2012; Crisp, Isagi, Kato, Cook, & Bowman, 2010; Tan *et al.*, 2018; Verdú & Pausas, 2007; Verdú, Pausas, Segarra-Moragues, & Ojeda, 2007; Wang, Peng, & Ding, 2005).

Para tratar periodos de tiempo más cercanos (hace ~10 mil años), puede referirse la dendrocronología, una metodología usada para la reconstrucción de la historia de las perturbaciones forestales; entre ellas, el fuego, mediante el análisis de las cicatrices del fuego en los anillos de crecimiento de los árboles, y la datación de las masas forestales, cuando la severidad del fuego ha sido tan alta que todos los árboles han muerto (Agee, 1993; Barrett & Arno, 1988). La dendrocronología se ha revelado bastante precisa en la investigación de la historia del fuego y de las dinámicas del paisaje forestal en siglos recientes, incluyendo la influencia del hombre, p. ej., a través de la gestión forestal (Baker & Dugan, 2013; Conedera *et al.*, 2009; Dieterich & Swetnam, 1984; Farris, Baisan, Falk, Yool, & Swetnam, 2010; Harley *et al.*, 2018; Stambaugh *et al.*, 2019; Whitehair, Fulé, Meador, Azpeleta Tarancón, & Kim, 2018). Espacialmente se aplica tanto local como globalmente (Falk *et al.*, 2011; Heyerdahl, Brubaker, & Agee, 2001) y su fortaleza es la amplia escala temporal cubierta. Sus debilidades son las siguientes: no siempre hay una consistencia elevada en los registros, y los incendios posteriores pueden destruir los registros de los incendios anteriores (Van Horne & Fulé, 2006).

Para periodos todavía más recientes, las fuentes geohistóricas aportan información útil y muy interesante sobre la presencia del fuego en el territorio a escala local y a escala regional (Bowman *et al.*, 2011; Carracedo Martín *et al.*, 2017; Montiel-Molina, 2013b; Syphard & Keeley, 2016). A diferencia de todas las otras metodologías, que son de carácter cuantitativo, el carácter de la metodología geohistórica es también cualitativo y ahí reside su mayor fortaleza, la gran riqueza y calidad de la información, ya que permite reconstruir también cualitativamente la historia del fuego. Su debilidad es la escala temporal más reducida a la que se refiere cuando se compara con otras metodologías anteriores y, sobre todo, la incertidumbre en cuanto a la existencia de largas series de datos para el mismo sitio, además de ser un trabajo que consume bastante tiempo. Aún dentro de los documentos geohistóricos, aunque a una escala temporal muy reciente (finales del siglo XX), la metodología estadística se usa oficialmente a nivel nacional para la reconstrucción y el monitoreo de la historia reciente del fuego. Se basa en los partes de incendio forestal rellenados por las unidades administrativas pertinentes de cada país, que más tarde se procesan y consolidan en bases de datos estadísticas nacionales,

proporcionando información cuantitativa y cualitativa, aunque temporalmente muy corta (Vélez Muñoz, 2009).

Finalmente, en cuanto a una información muy reciente (hace ~75 años), la teledetección (particularmente la fotografía aérea) es, en general, la metodología que más se ha usado para analizar la presencia del fuego en el territorio (Martin, Salas, Riaño, & Chuvieco, 1999; Vilar, Camia, & San-Miguel-Ayanz, 2015). Se ha explorado la relación del patrón de distribución del área ardida, la vegetación y el clima a escala global, y las emisiones, en particular (Briones-Herrera *et al.*, 2019; Forkel *et al.*, 2019; Krawchuk, Moritz, Parisien, Van Dorn, & Hayhoe, 2009; Manojkumar & Srimuruganandam, 2019; Van Der Werf *et al.*, 2017). Esta metodología permite un análisis en tres fases: la primera es la definición de los escenarios de riesgo de incendio antes del incendio, la segunda es la identificación de incendios activos, y la tercera es la valoración de las pérdidas post-incendio (Chuvieco, 2009). En 2013 se ha puesto en marcha un proyecto europeo de dos años, financiado por el programa europeo *Copernicus*, que incluyó a Portugal, España y otros países mediterráneos europeos (proyecto PREFER, *Space-based Information Support for Prevention and Recovery of Forest Fires Emergency in the Mediterranean Area*) y que se centró en la producción de materiales cartográficos de apoyo a la primera fase de análisis (la producción de mapas estacionales de combustibles, los mapas de probabilidad de ocurrencia de incendios, los mapas de vulnerabilidad y riesgo, etc.) y en la tercera fase de análisis (la producción de mapas de recuperación de la vegetación post-incendio, los mapas de áreas ardidas de alta y muy alta resolución, el mapa de aerosoles de quema de biomasa, los mapas de severidad y de valoración de pérdidas, etc.) (Lourenço *et al.*, 2014). El programa *Copernicus*, a través del *European Forest Fire Information System* (EFFIS) de la Comisión Europea, pone a su disposición desde el año 2000 información espacial de alta resolución, por lo que se encarga de la segunda fase: la detección de incendios en tiempo real o a través de un seguimiento temporal a nivel europeo. En 2015 se ha convertido en uno de los componentes del *Copernicus Emergency Service* y actualmente proporciona a todos los actores involucrados en la gestión de emergencia de incendios información geoespacial oportuna y precisa derivada de la teledetección por satélite y completada con fuentes *in situ* o con datos abiertos, por lo que comprende las tres fases de análisis (San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2012). Su fortaleza es, precisamente, la alta cantidad y calidad

de la serie de datos secuenciales y comparables, junto con la amplia cobertura espacial que proporcionan los sensores remotos (p. ej., el *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*, MODIS) (Dorrego & Álvarez, 2009). Sin embargo, la cobertura temporal es bastante reducida en comparación con otras metodologías, además de que se ha verificado que los incendios con un área ardida pequeña tienen menos probabilidad de ser detectados en las imágenes de satélite, o porque algunas áreas no han ardido con la intensidad o la severidad suficiente para que las imágenes de satélite las detecten (Giglio, Schroeder, & Justice, 2016; Lloret, Piñol, & Castellnou, 2009; Turco, Herrera, Tourigny, Chuvieco, & Provenzale, 2019).

Según lo expuesto, la mayoría de las metodologías usadas en la reconstrucción de la historia del fuego (para obtener más detalles sobre cada metodología, véase Bowman *et al.*, 2011; Conedera *et al.*, 2009; Sommers, Coloff, & Conard, 2011) son de carácter cuantitativo (p. ej., la abundancia de carbón y de determinadas especies se ha relacionado con la frecuencia del fuego). Por lo tanto, recogen información sobre la presencia del fuego y constituyen una gran contribución para el conocimiento de las dinámicas regionales entre el fuego y el paisaje, aunque no proporcionan un registro cualitativo de las características de cada evento de incendio, al igual que las fuentes geohistóricas y las estadísticas. De hecho, la gran mayoría de los estudios sobre incendios rurales se apoyan en los datos proporcionados por las estadísticas (p. ej., Conedera *et al.*, 2018; Lourenço, Fernandes, Nunes, Gonçalves, & Vieira, 2013; Lozano & Luis, 2006; Meneses, Reis, & Reis, 2018; Moreira, Rego, & Ferreira, 2001; Moreno, Conedera, Chuvieco, & Pezzatti, 2014; Pausas & Fernández-Muñoz, 2012; Syphard & Keeley, 2016), las cuales suelen ser temporalmente muy cortas.

Sin embargo, en la Península Ibérica hay ejemplos importantes de perspectivas recientes que validan la transdisciplinariedad en el estudio de la presencia del fuego en el territorio rural. En Cantabria, se han utilizado depósitos sedimentarios (análisis de los carbones sedimentarios, análisis palinológico, análisis pedoantracológico, datación de metales e isótopos), fuentes documentales (análisis de documentos de archivos históricos, análisis de la prensa histórica, y análisis de los partes de incendios estadísticos), y observaciones en tiempo real, para la reconstrucción de más de 10.000 años de historia del fuego (Carracedo Martín *et al.*, 2017). En Gredos, se han usado las

estadísticas de incendios y la dendroecología (análisis de las cicatrices del fuego en los anillos de los árboles) para reconstruir la historia del fuego en bosques de castaños desde 1900 hasta la actualidad (Seijo *et al.*, 2017). También en Gredos, se han usado la antracología (CHAR), las fuentes geohistóricas (registros históricos documentales de incendio) y la dendroecología (información de las cicatrices del fuego), para reconstruir la historia del fuego desde 1800 hasta 2000 (Camarero, Sangüesa-Barreda, Montiel-Molina, Seijo, & López-Sáez, 2018).

En Portugal, esta línea de investigación es algo débil. En efecto, salvo algunos estudios que emplean carbones para evidenciar la presencia del fuego en el territorio (Connor, Araújo, van der Knaap, & van Leeuwen, 2012; Connor *et al.*, 2019; Morales-Molino, García Antón, Postigo-Mijarra, & Morla, 2013), hay apenas un par de referencias aisladas sobre la reconstrucción histórica de los incendios anteriores al periodo estadístico con recurso a las fuentes documentales del siglo XX a nivel nacional (Pinho & Mateus, 2019; Silva & Rego, 2007). Se han recogido los incendios y las áreas ardiadas en forma de tabla con entradas mensuales, en propiedad forestal del estado, a nivel nacional desde 1943 (Macedo & Sardinha, 1987; Natário, 1997; Tedim & Carvalho, 2012), y se ha recurrido a las fuentes geohistóricas –documentos históricos de prensa– para reconstruir la historia del fuego en la Serra do Açor, Distrito de Coimbra, en una base de datos con cada incendio individualizado, desde 1926 hasta 1975 (Adrião & Guiomar, 2018) y, aún en Coimbra, con recurso a los documentos históricos de archivo, se ha podido reconstruir la historia del fuego desde 1975 hasta 1985 (Lourenço, 1988) y en la Serra da Cabreira desde 1953 hasta 2002 (Gonçalves, 2006). Otros proyectos de investigación han explorado las fuentes geohistóricas en Portugal, p. ej., el proyecto de 2010 que se desarrolló en el Centro de Estudos Geográficos (IGOT, Universidad de Lisboa) sobre desastres naturales históricos en Portugal, pero se prestó atención a los desastres hidromorfológicos y no se incluyeron los incendios (Santos *et al.*, 2013; Zêzere, Pereira, Quaresma, Santos, & Santos, 2013); o el proyecto de 2010 desarrollado por el Instituto de Ciências Sociais (ICS/ULisboa), sobre la agricultura en Portugal (producción agrícola) a partir de 1870 a través de las fuentes documentales, aunque no se tuvo en cuenta los incendios y los aprovechamientos forestales (Freire & Viana, 2017).

Por otra parte, en España, esta línea de investigación se ha desarrollado más y se han utilizado varios métodos para la reconstrucción de la historia del fuego. Los estudios paleo a través de macro y microrestos (p. ej., Blanco-González, López-Sáez, Alba, Abel, & Pérez, 2015; Izdebski & Mulryan, 2019; López-Sáez *et al.*, 2018; López-Sáez *et al.*, 2014, 2018; Riera-Mora & Esteban-Amat, 1994; Rubiales *et al.*, 2010; Rubiales, Morales-Molino, Álvarez, & García-Antón, 2012), y el análisis de las cicatrices del fuego del último siglo (p. ej., Fulé, Ribas, Gutiérrez, Vallejo, & Kaye, 2008) han sido abundantes en España Central. También cabe hacer referencia a los estudios palinológicos y antracológicos en el Pirineo (Bal, Pelachs, Pérez-Obiol, Julia, & Cunill, 2011; Cunill, Soriano, Bal, Pèlachs, & Pérez-Obiol, 2012; Cunill *et al.*, 2013; de Beaulieu, Andrieu, Ponel, Reille, & Lowe, 1994; Gil-Romera *et al.*, 2014; Nadal *et al.*, 2009; Pèlachs *et al.*, 2009; Pérez-Obiol, Bal, Pèlachs, Cunill, & Soriano, 2012), así como en otras partes de España (Burjachs & Expósito, 2015; Pérez-Obiol, García-Codron, Pèlachs, Pérez-Haase, & Soriano, 2016). Las fuentes geohistóricas documentales (p. ej., los documentos administrativos de los gastos de extinción de incendios, y la prensa) han resultado ser fructíferas y adecuadas en España para una reconstrucción cualitativa y cuantitativa de la historia del fuego en periodos temporales continuos e interesantes, anteriores a las estadísticas (Araque Jiménez *et al.*, 1999; Lloret & Bendinelli, 2005; Montiel-Molina, 2013b). El estudio pionero se llevó a cabo en los años noventa en varias Comunidades Autónomas, centrándose en un periodo de ~140 años antes del inicio de las estadísticas de incendios en España (Araque Jiménez *et al.*, 1999). A partir de ese momento, se ha desvelado una línea de trabajo que se ha ido perfeccionando y aplicando a diferentes escalas. De esta forma, algunos estudios se han enfocado en noticias de prensa y en la documentación oficial de los siglos XIX-XX en Cataluña (Lloret & Bendinelli, 2005), Jaén (Araque Jiménez, Sánchez Martínez, Moya García, Pulido Mérida, & Garrido Almonacid, 2000), Galicia (Cabana Iglesia, 2007), y Valencia (Moliner, 2004), pero también han retrocedido a los siglos XIV-XV a través del análisis de documentos administrativos en Cataluña (Lloret & Marí, 1998, 2001). Ya en el caso del Sistema Central, este método (en el que destacan las fuentes judiciales) es el que ha permitido la recopilación de registros de incendios desde el siglo XV como resultado de tres proyectos de investigación I+D (uno de ellos aún en curso) del grupo de investigación de la Universidad Complutense de Madrid “Geografía,

Política y Socioeconomía Forestal” (Entrenas, 2015; Montiel-Molina, 2013a; Montiel-Molina *et al.*, 2019).

En cuanto a las fuentes geohistóricas, se entiende que Portugal y España presentan dos situaciones dispares. Mientras que en Portugal los escasos estudios llevados a cabo no parecen demostrar un enfoque común ni una metodología consolidada, en España este método se encuentra bastante organizado, desarrollado y validado. La brecha de investigación existente en Portugal, el ejemplo de España desarrollado sobre todo a nivel regional, y los ejemplos de estudios en otros países que han explorado las fuentes geohistóricas y han podido reconstruir la historia del fuego (p. ej., desde 1820 hasta 2005 (Boucher, Auger, Noël, Grondin, & Arseneault, 2017) y desde 1880 hasta 2000 en Canadá (Vijayakumar *et al.*, 2015), desde 1904 hasta 2006 en Suiza (Zumbrunnen, Bugmann, Conedera, & Bürgi, 2009; Zumbrunnen *et al.*, 2012, 2011), y desde 1905 hasta 1997 en EE. UU. (Beaty & Taylor, 2001)), consideran que esta metodología es novedosa y muy interesante de explorar en la Península Ibérica para la reconstrucción del régimen de fuego y de la dinámica del paisaje rural desde una perspectiva a largo plazo.

3.2 EL RÉGIMEN DE FUEGO

El concepto de régimen de fuego surgió a principios del siglo XX por obra de los científicos franceses, quienes lo consideraron una perturbación regresiva y destructiva, relacionada con las actividades de pastoreo en sus colonias africanas. Más tarde, en los años sesenta, se convirtió en un concepto común, relacionado con la administración de los parques nacionales de los EE. UU. (Krebs, Pezzatti, Mazzoleni, Talbot, & Conedera, 2010). A partir de los años setenta, el significado ecológico del concepto se mantuvo y todas las definiciones se comenzaron a referir a un rango significativo de parámetros de ocurrencia de fuego en un área específica y en un periodo de tiempo definido (Bowman *et al.*, 2009; Conedera *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2011; Montiel-Molina, 2013b). Así, variando según el autor y el enfoque, se encuentran fundamentalmente los parámetros temporales (la tasa de propagación, la estacionalidad, la frecuencia y la recurrencia) y los parámetros espaciales (el tamaño, el tipo, la intensidad, la duración y la severidad del incendio) (**Tabla 1**). Efectivamente, el concepto de régimen de fuego se ha explorado ampliamente hasta ahora, tanto en las zonas de clima mediterráneo como en el resto del mundo, lo

que ha permitido confirmar que se compone de una escala espaciotemporal (Daniau, Harrison, & Bartlein, 2010; San-Miguel-Ayanz, Moreno, & Camia, 2013).

Tabla 1. Parámetros de definición del fuego.

Ámbito	Parámetro	Definición
Temporal	Tasa de propagación	Velocidad a la que se extiende en sus dimensiones horizontales desde el foco inicial
	Estacionalidad	Periodo del año en el que ocurre la perturbación
	Frecuencia	Número de perturbaciones en una dada ventana espaciotemporal
	Recurrencia	Cantidad de tiempo entre una perturbación y la siguiente en la misma área
Espacial	Tamaño	Extensión del área afectada
	Tipo	Patrón de propagación según la carga de combustible, las estructuras del paisaje y las condiciones meteorológicas sinópticas
	Intensidad	Tamaño de la perturbación física (p. ej., temperatura máxima alcanzada en el incendio)
	Duración	Cantidad de tiempo entre el inicio y el final de la perturbación
	Severidad	Impactos en todo el ecosistema, vegetación y suelos (p. ej., número de árboles muertos después del fuego)

Fuentes: Bowman *et al.*, 2009; Conedera *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2011; Montiel-Molina, 2013b; National Wildfire Coordinating Group, 2014.

California es una de las zonas de clima mediterráneo donde la investigación sobre los regímenes del fuego ha sido bastante prolífica y donde, además, se ha explorado el papel humano y su importante influencia (Syphard *et al.*, 2007). En concreto, en el Norte de California, se han identificado dos cambios bruscos en el régimen de fuego, es decir, pirotransiciones: en el siglo XIX, en los que primero ha disminuido la frecuencia y ha aumentado el área ardida, y después se ha suprimido casi totalmente el fuego del territorio (Sugihara, Van Wagtendonk, Fites-Kaufman, Shaffer, & Thode, 2006). Ya en el sur de California se ha concluido que el régimen histórico de incendios en los ecosistemas de chaparral, un sistema muy afectado por el fuego, no ha sido sustancialmente diferente del régimen actual (Keeley & Fotheringham, 2001). Sin embargo, en el noroeste de California, se ha verificado que las características físicas del territorio, como son la pendiente y la orientación, han influido en la incidencia del fuego y en su intervalo de retorno (Taylor & Skinner, 1998). Por otra parte, estos regímenes del fuego también se compararon con los regímenes del fuego en otras áreas del Mediterráneo, p. ej., en los ecosistemas de matorral de Chile, dónde se han encontrado diferencias en la vegetación y en su respuesta al fuego, a pesar de que ambos casos presenten cierto grado de resiliencia al fuego (Contreras, Figueroa, Abarca, & Castro,

2011; Montenegro, Ginocchio, Segura, Keely, & Gómez, 2004). En otras investigaciones, como en Australia (Cary, Bradstock, Gill, & Williams, 2012; Russell-Smith *et al.*, 2003; Williams *et al.*, 2009) y en Sudáfrica (Edwards, 1984), se ha entendido también la gran importancia del factor cambio climático y los efectos en la biodiversidad en los cambios de régimen de fuego. Sin embargo, el cambio climático por sí solo tampoco puede explicar la generalidad de las pirotransiciones documentadas y, precisamente, en eso radica la complejidad del análisis del paisaje y el poder de la escala espacial que genera regímenes diferentes (Higuera, Abatzoglou, Littell, & Morgan, 2015; Pausas & Keeley, 2014).

En la cuenca mediterránea ha habido múltiples enfoques sobre las características del régimen de fuego del Holoceno, y se ha observado que el patrón de ocurrencia de los incendios rurales no es uniforme a lo largo de esta. La mayor parte de los incendios ocurren en verano, pero la estacionalidad realmente varía mucho entre cada país. Lo que parece ser un patrón compartido en toda la cuenca es que muchas igniciones no implican que haya mucha área ardiendo; por lo contrario, la mayor parte del área ardiendo anualmente es el producto de pocas igniciones. Sin embargo, algunos años excepcionales en la frecuencia de incendios pueden influenciar los valores medios anuales del tamaño del incendio y cambiar los patrones espaciales del régimen de fuego. Además, el tamaño de los incendios está relacionado con la escala de análisis de las variables implicadas, lo que dota de más sentido a un análisis de la cuenca mediterránea a una menor escala, tal como la escala nacional y la escala de paisaje (Lloret *et al.*, 2009; Moreira *et al.*, 2011; Ricotta *et al.*, 2001; Rius, Vannière, & Galop, 2012; Rius, Vannière, Galop, & Richard, 2011; Vannière *et al.*, 2008).

En el ámbito de la Península Ibérica, el estudio de los carbones ha permitido identificar dos cambios en el régimen de fuego, uno hace ~12–11 mil años y otro hace ~3,5–2,5 mil años en la zona de la Serra da Estrela (Connor *et al.*, 2012). Hace un par de años, Portugal fue identificado como el país del sur de Europa más afectado por los incendios forestales (European Commission, 2017); y la reconstrucción reciente (últimos 40 años) de su régimen de fuego con base en las estadísticas proporcionó los siguientes datos: el periodo promedio de recurrencia de incendios es de 36–28 años (menos de 25 años en el norte de Portugal, 12–15 años en áreas de montaña que se quemaron dos o

más veces, y de ~24 años en el centro occidental de Portugal) (P. Mateus, 2015). Además, se documentaron varios incendios importantes en territorio portugués y se encontró que en 1986 se produjo el primer incendio con más de 10 mil hectáreas de área ardida (Ferreira-Leite, Bento Gonçalves, & Lourenço, 2012). Esa época coincidió con una pirotransición, ya que entre 1981 y 2010 se ha comprobado una tendencia de aumento del tamaño de los incendios a escala nacional (Ferreira-Leite, Bento Gonçalves, Lourenço, Úbeda, & Vieira, 2013; Lourenço, Tedim, & Ferreira, 2019); así como una estacionalidad concentrada en octubre (European Commission, 2012). Otros autores se refieren a temporadas de incendios desastrosas específicas, como la década de 1960 (Ferreira-Leite, Bento Gonçalves, & Lourenço, 2014), el año 1991 (Lloret *et al.*, 2009), el año 2003 (Tedim, Remelgado, Borges, Carvalho, & Martins, 2013), el año 2005 (Lourenço, Bento Gonçalves, Vieira, Nunes, & Ferreira-Leite, 2012) y el referido año 2017 (Comissão Técnica Independente, 2017; Rego, Bunting, Strand, & Godinho Ferreira, 2019). La recopilación de incendios con base en fuentes documentales históricas anteriores a las estadísticas (1943–1977), revelan que en los montes de propiedad del estado, el año 1953 ha representado igualmente un cambio tanto en el aumento del número de incendios como en el aumento del área ardida (Natário, 1997). En suma, estos estudios demostraron que hubo un cambio en el régimen de fuego en la década de los cincuenta/sesenta, cuando comenzaron a producirse grandes incendios en Portugal con mayor frecuencia, hubo otro cambio en la década de los ochenta/principios del siglo XX cuando aumentó considerablemente una vez más el área ardida, y la última en 2005–2010, cuando hubo una disminución en el área ardida anual.

Asimismo, en España el análisis de carbones ha llevado a señalar una pirotransición hace ~4–3,5 mil años, y otra pirotransición hace ~3–1,5 mil años al noroeste de España (López-Merino, Silva Sánchez, Kaal, López-Sáez, & Martínez Cortizas, 2012). Los principales estudios sobre los regímenes del fuego en España se desarrollaron sobre el nordeste de España, el Sistema Central y Sierra Morena. Como enfoque general, se estudiaron los regímenes del fuego en bosques de pino en Cataluña desde el siglo XIV (Lloret & Marí, 2001) y, en el siglo XX (Salvador, Lloret, Pons, & Piñol, 2005), y se demostró que era válida la comparación entre periodos históricos y estadísticos. Se estimó un periodo promedio de recurrencia de incendios de baja intensidad de ~25 años

desde el inicio del siglo XVIII, y un periodo promedio de recurrencia de incendios bastante más corto (5 años y medio) desde 1975, lo que evidencia un cambio en el régimen de fuego, al menos en el parámetro de la recurrencia (Díaz-Delgado, Lloret, & Pons, 2004; Moreno, Vázquez de la Cueva, & Vélez, 1998). Ya en el Sistema Central y Sierra Morena, se han estudiado los regímenes del fuego a escala regional en los últimos 500 años (Araque Jiménez *et al.*, 1999; Montiel-Molina, 2013b), habiéndose identificado dos pirotransiciones importantes en esa escala: una a finales del siglo XIX/inicio del siglo XX, y otra en los años cincuenta, pudiéndose validar una vez más la comparación entre el período histórico y el periodo estadístico (Camarero *et al.*, 2018, 2019; Montiel-Molina *et al.*, 2019). Refiriéndose al período estadístico a nivel nacional hasta 1994, se ha identificado una pirotransición en los sesenta –el aumento de la frecuencia de incendios y del área ardida– que ha ido *in crescendo* hasta la primera década de los ochenta. A partir de esa fecha, el área ardida paró de crecer, pero la frecuencia siguió aumentando, hasta que 1994 (o más bien en el período de 1990–1995), se ha identificado como un año catastrófico en la historia de las estadísticas de incendios en España, debido a la gran cantidad de área ardida. No obstante, la frecuencia de los grandes incendios (>500 hectáreas de área ardida) ha disminuido después de 1989 (Moreno *et al.*, 1998; Moreno *et al.*, 2014); de hecho, se ha concluido que desde 1980, la frecuencia, el área y el tamaño medio de los incendios forestales ha seguido una tendencia decreciente en la mayoría de las provincias españolas (Urbiet, Franquesa, Viedma, & Moreno, 2019). En ese contexto se ha analizado el parámetro de la propagación del incendio en el nordeste de España, conectando las interacciones entre los patrones del paisaje y los incendios en las últimas décadas del siglo XX (Loepfe, Martínez-Vilalta, Oliveres, Piñol, & Lloret, 2010), identificando el preponderante papel humano en los regímenes del fuego, y también en el sureste de España a partir del año 2000 (Gil-Romera *et al.*, 2010).

Como se ha señalado, la definición de un determinado régimen de fuego depende de la escala temporal, pero también de la escala espacial (global, nacional, regional, y local). Cuanto menor es la escala espacial, más amplia suele ser la escala temporal, como se observa en la **Tabla 2**, donde se recogen algunos estudios que se centran en uno o más parámetros para la reconstrucción del régimen de fuego en la Península Ibérica a largo plazo (~500 años).

Tabla 2. Algunos ejemplos de estudios previos en los que se usan variados parámetros para la reconstrucción de los regímenes del fuego en la Península Ibérica (~500 años).

Escala espacial	Ubicación	Método	Período	Parámetro	Autor
Global	Península Ibérica	Teledetección	2002–2012	Sazonalidad	Benali <i>et al.</i> , 2017
Nacional	Portugal	Geohistórico	1943–1977	Frecuencia y área ardida	Natário, 1997
		Análisis estadístico por Distritos	1980–2009	Frecuencia y área ardida	Nunes, 2012
		Análisis estadístico	2001–2012	Frecuencia	Nunes, Lourenço, Fernandes, & Castro, 2014
		Análisis estadístico	1981–2012	Frecuencia y área ardida	Ferreira-Leite <i>et al.</i> , 2013
		Análisis estadístico	1975–2009	Tamaño	Barros & Pereira, 2014; Nunes <i>et al.</i> , 2005
	España	Análisis estadístico	1980–2013	Frecuencia, área ardida, y tamaño	Urbietta <i>et al.</i> , 2019
			1961–1995	Frecuencia y área ardida	Moreno <i>et al.</i> , 1998
Regional	Sistema Central	Geohistórico	1497–2013	Frecuencia y área ardida	Montiel-Molina, 2013b; Montiel-Molina <i>et al.</i> , 2019
Paisaje	Serra do Açor	Geohistórico	1966–1975	Frecuencia	Adrião & Guiomar, 2018
	Serra da Estrela	Análisis estadístico	1989–1999	Recurrencia y área ardida	Nunes, 2001
	Serra da Cabreira	Análisis estadístico	1990–2006	Recurrencia	Ferreira-Leite, Bento Gonçalves, & Vieira, 2011
	Sierra Morena	Geohistórico	1851–1970	Frecuencia y área ardida	Araque Jiménez <i>et al.</i> , 2000
	Varias CCAA y Provincias de España	Geohistórico	1843–1995	Frecuencia y área ardida	Araque Jiménez <i>et al.</i> , 1999
	Alicante	Análisis estadístico	1973–1996	Frecuencia y área ardida	Ricotta <i>et al.</i> , 2001
	Sierra de Gredos	Análisis estadístico	1974–1999	Frecuencia y área ardida	Ricotta <i>et al.</i> , 2001
	Sierra de Gredos	Análisis estadístico	1970–1990	Perímetros y distribución espacial	Vázquez & Moreno, 2001
	Ribera d'Ebre	Análisis estadístico	1983–1997	Frecuencia y área ardida	Ricotta <i>et al.</i> , 2001
	Cataluña	Análisis estadístico	1995–1998	Frecuencia	Díaz-Delgado <i>et al.</i> , 2004

	Sierra Nevada	Teledetección	1975–2015	Frecuencia	Mesa Garrido, 2019
	Tivissa, Ports, Igualada. Cataluña	Teledetección	1976–2005	Área ardida	Loepfe <i>et al.</i> , 2010
	Cataluña	Modelación	1975–2010	Tasa de propagación	Brotons, Aquilué, de Cáceres, Fortin, & Fall, 2013
Local	Cuatro municipios de la Serra da Estrela	Análisis estadístico	1980-1998	Frecuencia y área ardida	Nunes, 2000
	Conjunto de cuencas de drenaje distribuidas por el Sistema Central	Geohistórico	1497–2013	Frecuencia y área ardida	Montiel-Molina <i>et al.</i> , 2019

Fuentes: Elaboración propia.

3.2.1 Contexto socioecológico del régimen del fuego

El marco para comprender los regímenes del fuego es más amplio que la reconstrucción de los parámetros del fuego en una determinada escala espaciotemporal, ya que comprende necesariamente el contexto, i.e., la relación de los parámetros del régimen de fuego y su contexto. Existe una relación porque el contexto afecta y conduce a cambios en cada uno de los parámetros. Por lo tanto, comprender los patrones espaciotemporales de los regímenes del fuego históricos exige, en definitiva, analizar el contexto histórico (Burgi, Hersperger, & Schneeberger, 2005; Conedera *et al.*, 2009; Krebs *et al.*, 2010; Montiel-Molina, 2013b).

El contexto de la ocurrencia de incendios incluye los factores natural y humano, y ambos varían según la escala espaciotemporal de análisis (Beilin & Reid, 2015; Wilbanks & Kates, 1999). El *humano* puede subdividirse en socioeconómico, político, tecnológico, y cultural, ya que estos cuatro son controlados por el ser humano.

En el *entorno natural* se insertan el sitio biofísico y las perturbaciones. Estas variables y su relación con los regímenes del fuego están ampliamente documentados en la literatura (p. ej., Ganteaume *et al.*, 2013; Nunes, 2012). Algunas de ellas son: (1) El *clima*: se ha comprobado que el clima es una variable clave para los grandes incendios regionales (Bowman *et al.*, 2009; Whitlock, Shafer, & Marlon, 2003), pero su influencia en

áreas pequeñas dentro de una misma zona climática es limitada (García-Quintana *et al.*, 2005); (2) El *contenido de humedad*: la disminución de la humedad, junto con otras características, demostró estar relacionada con el aumento de las igniciones y la actividad del fuego (Shakesby, 2011); (3) El *combustible y su disponibilidad, las tasas de acumulación y el nivel de riesgo asignado a cada tipo de uso y cubierta del suelo*: se demostró la relación entre los combustibles y la ocurrencia de pirotransiciones (Fernandes *et al.*, 2015). Es más, antes del final del siglo XX, el fuego estaba limitado por el combustible, y la mayor disponibilidad de combustible y las condiciones climáticas de esa época se relacionan con la ocurrencia de pirotransiciones (Pausas & Fernández-Muñoz, 2012). Así, el combustible quizás se identifica como la variable natural impulsora de incendios más importante, incluso en comparación con el clima, puesto que es el combustible el que determina el umbral climático de cambio a condiciones inflamables (Pausas & Paula, 2012); (4) Las *variables topográficas*: la elevación, la pendiente y la orientación presentan correlación con el fuego, aunque no se haya confirmado una correlación demasiado consistente (Moreno, Viedma, Zavala, & Luna, 2011). La elevación (a través del índice de rugosidad topográfica) y la pendiente influyen en la selectividad del fuego: cuanto más pendiente, más propenso al fuego. La orientación no muestra una correlación muy clara, pero, en general, las áreas planas tienden a ser menos propensas al fuego (Carmo, Moreira, Casimiro, & Vaz, 2011; Nunes, 2012); (5) La *disponibilidad de otros tipos de bosques*: se ha verificado que la escasez geográfica comparada puede determinar una alta propensión al fuego (Moreira, Vaz, Catry, & Silva, 2009; Silva, Moreira, Vaz, Catry, & Godinho Ferreira, 2009); (6) La *historia de los incendios forestales*: se ha demostrado que los incendios pasados podrían limitar e influir en la gravedad de los incendios posteriores, cuando el subsiguiente no fuese demasiado severo y el intervalo entre incendios fuese menor de 6-7 años (Duane *et al.*, 2019; Parks, Miller, Holsinger, Baggett, & Bird, 2016; Stevens-Rumann, Prichard, Strand, & Morgan, 2016). La presencia histórica del fuego en la zona del Sistema Central, junto con el análisis de largas series de incendios en una misma área son un ejemplo (Montiel-Molina, 2013b); y (7) Las *condiciones actuales del incendio*, i.e., la probabilidad de que ocurra un incendio en un área. Se han definido a escala nacional de España, y a también a escala regional, escenarios territoriales actuales del fuego que reflejan las condiciones actuales del riesgo de incendio con base en este

presupuesto (Castellnou, Larrañaga, Miralles, Vilalta, & Molina, 2010; Montiel-Molina & Galiana Martín, 2016; Montiel-Molina, Karlsson-Martín, & Galiana Martín, 2018).

El *entorno socioeconómico* es determinante dada la preeminente influencia antrópica en la evolución y en los cambios de los regímenes del fuego (Collins, Neufville, Claro, Oliveira, & Pacheco, 2013). *Las tasas de desempleo e ingresos, la edad y la densidad de la población rural, la ubicación de residencia y la densidad de vivienda, los recursos forestales y las actividades agrícolas, los cambios en el uso y la cubierta del suelo, el sistema de propiedad y las causas de los incendios* (entendida como una dimensión socioecológica del área ardiada) son algunas de las variables socioeconómicas consideradas en la literatura. De hecho, hay sugerencias de que el paro podría ser un indicador de un patrón de mayor número de igniciones (Ganteaume *et al.*, 2013; Viedma, Moity, & Moreno, 2015). Además, una mayor densidad de población y la población urbana insertada en áreas rurales o áreas de interfaz urbano-rural constituyen recientes territorios de riesgo de incendios rurales (Galiana Martín, 2012; Martínez-Vega, Díaz, Nava, Gallardo, & Echavarría, 2017; Syphard *et al.*, 2007). En cuanto al sistema de propiedad, la mayor parte de las tierras forestales en Portugal está en manos de propietarios privados (Rego, 2001) y, el resto del monte, en orden decreciente, es a) propiedad de grandes empresas industriales y exportadoras, b) tierra sin cultivar, c) del estado, y d) la parte más pequeña es propiedad municipal, de la iglesia y de otros. El área forestal privada incluye cinco tipos de organización que difieren entre ellos en cuanto a las prácticas y a los criterios de gestión: la empresa forestal, la reserva de explotación, la reserva de trabajo, la reserva de propiedad y la reserva de inversión (Baptista, 2010). Esta variedad de tipos de propiedad influirá a la hora de que haya un mayor o menor riesgo de incendio y, efectivamente, se ha verificado en Portugal y en el noroeste de España una relación entre la ocurrencia de incendios y el sistema de propiedad de la tierra desde los años sesenta/setenta (Fuentes-Santos, Marey-Pérez, & González-Manteiga, 2013; Skulska, Duarte, Rego, & Montiel-Molina, 2019). El uso y cubierta del suelo (LULC) es una variable muy poderosa que conecta escalas, puesto que vincula las políticas nacionales con las estructuras locales. El LULC influye en el comportamiento del fuego (Francisco Moreira *et al.*, 2011; Xanthopoulos, Calfapietra, & Fernandes, 2012), por lo que los regímenes del fuego causarían cambios en la vegetación cuando sufran cambios (Bowman *et al.*, 2009). En

efecto, ya se ha demostrado que el riesgo de incendio, así como las pirotransiciones, está relacionado con las transiciones de LULC en los ecosistemas mediterráneos (Camarero *et al.*, 2019; Viedma, Angeler, & Moreno, 2009). Por otro lado, se reconoce que el impacto del uso del suelo pasado en los suelos forestales y en la biodiversidad puede ser irreversible, lo que influirá en la posterior cubierta del suelo (Dupouey, Dambrine, Laffite, & Moares, 2002).

El *entorno político* es particularmente importante cuando es fuerte, y la Península Ibérica posee dos ejemplos donde los regímenes dictatoriales que terminaron en el siglo XX contaban con esa característica. Este contexto se abordó en la literatura, p. ej., a través de la evaluación de las *regulaciones sobre el uso de los bosques y sobre el uso del fuego*, y a través de la evaluación de la *planificación y gestión de los bosques y del fuego* (incluida la lucha contra incendios) (Ganteaume *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2009).

El *entorno tecnológico* también se estudió en gran medida como un impacto en el cambio del paisaje (Burgi *et al.*, 2005) y, por lo tanto, en el régimen de fuego. La *ubicación, densidad y distancia a las infraestructuras humanas* (las carreteras, las líneas de ferrocarril, las líneas eléctricas, las áreas pobladas y los sitios recreativos) son algunas de las variables consideradas, que influyen en el régimen de fuego (Moreno *et al.*, 2011).

Por último, el *entorno cultural* básicamente se explica en la literatura por la presencia humana en el paisaje y por su interpretación humana. La presencia humana parece restarle importancia al clima en la conducción de la actividad del fuego (Syphard, Keeley, Pfaff, & Ferschweiler, 2017), lo que hace que este entorno sea muy importante y, quizás, el menos explorado *per se*, ya que se subdivide en otras variables de entorno. De hecho, los paisajes culturales son una representación de la obra creada por la naturaleza y por el ser humano de forma conjunta, reflejando su evolución a lo largo del tiempo (UNESCO World Heritage Centre, 2008), y así, por ejemplo, la vegetación puede insertarse en la definición de variable cultural (Mazzoleni *et al.*, 2004).

En suma, el análisis del régimen de fuego, incluyendo sus entornos contextuales, es lo que permite un análisis del paisaje en cuanto a un sistema de componentes interconectados por energía, materia e información; en definitiva, un sistema

socioecológico (SES) dentro de una unidad espaciotemporal predeterminada (Farina, 2006).

3.3 LA RELACIÓN FUEGO Y PAISAJE RURAL EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

3.3.1 El uso del fuego en el sistema rural tradicional, los cambios en la organización del paisaje y la evolución del régimen de fuego

El fuego, como perturbación, desencadena la evolución de los ecosistemas y del paisaje (Carmo *et al.*, 2011; Castellnou & Nebot, 2007; Naveh, 1975), a través de la transformación de sus patrones, estructuras y funciones de forma dinámica, de acuerdo con la intensidad, la frecuencia y el alcance de la perturbación (Bajocco & Ricotta, 2008). Una perturbación no implica un desastre, de hecho, la vegetación de la cuenca mediterránea ha evolucionado de forma que actualmente se presenta como bastante resiliente al fuego. Sin embargo, la huella humana a lo largo de la historia ha producido paisajes más sensibles, en los que el fuego sí puede llegar a ser un desastre (Aguiar & Pinto, 2007; Pausas, Llovet, Anselm, & Vallejo, 2008). Esta relación entre el fuego y el paisaje es bidireccional, ya que el paisaje (sus patrones, estructuras y funciones), conduce los regímenes del fuego, a la vez que el fuego (sus parámetros) conduce la evolución del paisaje. Por lo tanto, uno es producto del otro: ambos elementos de la relación presentan una dimensión natural y otra humana, se entrelazan en un mismo sistema y evolucionan juntos de forma dinámica. Esta interacción bidireccional está confirmada por varios estudios que tratan la evolución del régimen de fuego y su relación con los cambios en la organización y configuración del paisaje (Bajocco & Ricotta, 2008; Lloret, Calvo, Pons, & Díaz-Delgado, 2002; Martínez, 2015; Viedma, Moreno, & Rieiro, 2006).

En la cuenca mediterránea se ha asistido, por lo general, desde la segunda mitad del siglo XX, a un aumento en la velocidad de los cambios en el paisaje rural, vinculados, sobre todo, a la desarticulación del sistema socioeconómico rural tradicional y al desarrollo de los centros urbanos. Esta desarticulación del sistema rural tradicional tuvo varias consecuencias, entre ellas, el éxodo rural (i.e., la despoblación rural y el abandono de las actividades tradicionales rurales), lo que ha roto el sistema equilibrado fuego-paisaje rural conocido hasta entonces, dando lugar a lo que más correctamente se

llamaría un régimen de incendios (Lourenço, 1991; Mazzoleni *et al.*, 2004; Montiel-Molina, 2013b; Viedma *et al.*, 2015).

En la Península Ibérica se ha explorado de forma amplia y variada la relación espaciotemporal fuego-paisaje rural a través del análisis de los patrones espaciales de ocurrencia de incendios, analizando las dinámicas de las igniciones y de las áreas ardiadas, con técnicas de mapas superpuestos, sistemas de información geográfica (SIG) y métodos estadísticos, especialmente en la época estadística, lo que temporalmente se refiere a la post-desarticulación del sistema rural. Los patrones espaciotemporales de la Península Ibérica han evidenciado que el patrón de concentración de incendios dominante en Portugal se encuentra en las áreas de montaña del centro y del norte del país (Pereira, Carreiras, & Vasconcelos, 1998), y que en España el área con mayor densidad de incendios se encuentra en el noroeste del país (Martínez-Fernández, Chuvieco, & Koutsias, 2013), lo que confirman diferentes estudios europeos (Oliveira, Oehler, San-Miguel-Ayanz, Camia, & Pereira, 2012). Si, por un lado, se ha observado la dirección fuego-paisaje de la relación (p. ej., el fuego es un impulsor muy importante de las dinámicas de LULC (Silva *et al.*, 2011), el tamaño del incendio se ha mostrado relevante en la selectividad del fuego (Barros & Pereira, 2014; Nunes *et al.*, 2005), y la presencia de incendios disminuye la diversidad del paisaje a medida que aumenta su homogeneización (Lloret *et al.*, 2002; Viedma *et al.*, 2006); por otro, también se ha contemplado la dirección paisaje-fuego de la misma relación (p. ej., la orientación del terreno no presenta una correlación fuerte con la alineación del fuego (Barros, Pereira, & Lund, 2012), pero la elevación, la densidad de población, las accesibilidades, y el LULC sí que son importantes a la hora de determinar los patrones espaciales del fuego (Catry, Rego, Bação, & Moreira, 2009)). Sin embargo, esta relación bidireccional fuego-paisaje es anterior a la segunda mitad del siglo XX y, a lo largo del tiempo, ha sido guiada por dinámicas contextuales conducidas por escalas más globales de aquellas que se analizan sus consecuencias y características. En la **Tabla 3** y la **Tabla 4**, se recopilan las dinámicas más importantes a nivel nacional dentro de los diferentes entornos contextuales que han tenido consecuencias en las áreas rurales de Portugal y España y en el régimen de fuego a lo largo del tiempo, habiendo, por lo tanto, impactado en el desarrollo de la relación bidireccional fuego-paisaje en cada país.

Periodo	Dinámicas contextuales	Consecuencias para el paisaje rural	Características del régimen de fuego
Siglos XIV-XVIII	<p>Fuentes: Baptista, 2010; Carmo & Rodrigues, 2016; Comissão Técnica Independente, 2017; Devy-Vareta, 1993, 2003; Ferreira-Leite, Gonçalves, & Lourenço, 2014; Freire & Amaral, 2017; Natário, 1997; Pinho, 2018; Rego, 2001; Rego & Skulska, 2019; Schmidt, 2008; Andrada e Silva, 1815; Soares da Silva & Figueiredo, 2013; Tedim, Remelgado, Borges, Carvalho, & Martins, 2013; Varnhagen, 1836</p> <p>Aumento poblacional</p> <p>Protección de las propiedades de la Corona (ocio y caza)</p> <p>1375: Ley de las Sesmarías¹ y apoyo a la agricultura por parte de la Iglesia</p> <p>1565: Ley de los Árboles, para repoblación de comunales y montes de los municipios</p> <p>Colonización de regiones tropicales y subtropicales con abundantes recursos forestales</p>	<p>Protección de los árboles en las propiedades de la Corona (<i>Quercus suber</i> y <i>Pinus</i> sp.)</p> <p>Deforestación muy acentuada en las propiedades no pertenecientes a la Corona, especialmente en las áreas de montaña</p> <p>Disminución del valor de los productos forestales</p>	Aumento del número de incendios
	1804	Aumento de las tierras agrícolas	
Siglo XIX	<p>Final del Antiguo Régimen (1822)</p> <p>Nacionalización de muchas tierras de la Corona y conversión de la caza a la agricultura</p>	<p>Deforestación y aumento de las tierras agrícolas</p>	Aumento del número de incendios
	<p>Después de la guerra civil (1834) hasta 1880</p> <p>Venta de muchas hectáreas de propiedades de la Corona</p> <p>Abolición de las órdenes religiosas y conversión de las tierras</p>	<p>Deforestación</p>	
	1836	<p>Primeros pasos en la concienciación de la necesidad de forestación y prácticas para la gestión de pinares para prevenir incendios en el verano</p>	
1868	<p>Relatório acerca da Arborização Geral de Portugal</p>	<p>Inventariación de los incultos y terrenos a repoblar</p>	

Tabla 3. Dinámicas y sus consecuencias en las áreas rurales de Portugal.

Siglo XIX	1886-1888	<p>Establecimiento de la Administración Forestal</p> <p>Objetivo principal: corrección del régimen hidrológico para evitar la erosión y los perjuicios agrícolas; producción de madera; defensa Nacional</p>	<p>Elaboración de planos de repoblación</p>	
Final Siglo XIX- Siglo XX	1900s-1960s	<p>Desamortización gradual de las tierras comunes</p> <p>Inicio de la gestión por la Administración Forestal</p> <p>1901-1905: Decretos-Ley que definen el Régimen Forestal total y parcial y su aplicación</p> <p>1938: Plan de Repoblación Forestal (Ley n.º. 1971, del 5 junio. Vigencia prevista de 30 años</p>	<p>Cambios en el LULC, hechos por propietarios privados</p> <p>Deforestación, sobretudo en bosques de roble</p> <p>Forestación bajo el régimen forestal parcial</p> <p><i>Pinus pinaster</i> en poblamientos mono-específicos para aprovechamiento de madera</p> <p>Eucaliptus en poblamientos mono-específicos para aprovechamiento industrial</p> <p>Regeneración y establecimiento de bosques de alcornoques para aprovechamiento de corcho</p>	1950s-1960s: Grandes incendios
	1960s hasta 1970s	<p>1959: Adhesión a la Asociación Europea de Libre Cambio (EFTA)</p> <p>1961-1974: Guerra colonial</p> <p>Arranque industrial en el litoral del país, litoralización y metropolitanización. Desordenación territorial</p> <p>1970: 1º Año Europeo de la Conservación de la Naturaleza</p>	<p>Éxodo rural y abandono agrícola</p> <p>Construcción de casas en asentamientos diseminados</p> <p>Compra de propiedades sin actividad productiva</p> <p>Primeros desastres ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inundaciones, Lisboa (1967) - Incendios (1975) - Marea negra, Leixões (1975) <p>1971: Creación del primero Parque Nacional</p>	

Tabla 3. Dinámicas y sus consecuencias en las áreas rurales de Portugal (cont.).

Final Siglo XIX- Siglo XX	Final del Estado Novo y Revolución de los Claveles (1974)	Tensión social y conflictos Las tierras no cultivadas fueron devueltas a la población		Aumento del número de incendios y del área ardida Aumento de los incendios provocados
1970s hasta 1980s	<p>Reforma Agraria</p> <p>1976: Restitución de tierras a anteriores propietarios</p> <p>Descentralización de la gestión forestal: Inclusión de tierras comunales en el sector público como activos comunitarios con propiedad y administración útiles de las comunidades locales</p> <p>1982: Establecimiento de la Reserva Nacional de Agricultura RAN (Objetivo: mantener los suelos más adecuados para fines agrícolas). Implementación en términos judiciales</p> <p>1983: Establecimiento de la Reserva Nacional Ecológica REN (Objetivo: protección de los ecosistemas y procesos biológicos). Implementación en términos judiciales</p>	<p>Reapropiación del "espacio" por el medio rural</p> <p>El Estado elaboraría planes de utilización de recursos (PROT y PDM), pero nunca ha llegado a hacerlo hasta los años 1990s</p> <p>Repoblaciones intensivas mono-específicas con Eucaliptus en las zonas del interior rural</p>	<p>Aumento del riesgo de incendios</p> <p>Aumento del número de incendios</p>	

Tabla 3. Dinámicas y sus consecuencias en las áreas rurales de Portugal (cont.).

	1980s hasta 1990s	<p>1986: Adhesión a la UE</p> <p>1986-1992: Primer Marco Comunitario de Apoyo</p> <p>1987: Implementación de la Ley de Bases del Medio Ambiente. Objetivo: Promover un entorno humano y ecológicamente equilibrado</p> <p>1990: Ley que impide construir en áreas ardidas por los siguientes 10 años</p> <p>1992: Implementación de políticas agroambientales por Bruselas. Implementación a través de incentivos monetarios</p> <p>1996: Ley de Bases de la Política Forestal (Ley n.º 33/96, del 17 agosto). Objetivos: Minimización del riesgo de incendios y agentes abióticos, especialización del territorio, mejora de la gestión y productividad forestal, aumento del valor de los productos e internacionalización, mejora de la eficiencia y competitividad, racionalización y simplificación de las políticas</p> <p>1998: Ley de Bases de la Ordenación del Territorio (anunciada en 1986)</p>	<p>Desarrollo de las accesibilidades</p> <p>Modernización rural</p> <p>Movimiento poblacional del interior rural al litoral</p> <p>Construcción civil en áreas forestales</p> <p>Elaboración de los Planes Regionales de Ordenación Forestal (PROF) y Planes de Gestión Forestal (PGF)</p>	<p>Aumento del área ardida anual</p> <p>- 1990-1995: más monte ardido</p> <p>- 1996-2000: más matorral ardido</p>
--	-------------------	---	--	---

Tabla 3. Dinámicas y sus consecuencias en las áreas rurales de Portugal (cont.).

<p>Siglo XXI hasta la actualidad</p>	<p>Políticas de desarrollo rural Educación ambiental Red Natura 2000 2006: Estrategia Nacional para as Florestas 2014: Ley de Bases de la Política Pública de Suelos, Ordenación del Territorio y Urbanismo (Ley n.º 31/2014, del 30 de mayo) 2017: Reforma da Floresta Nuevas actividades en las zonas rurales y espacios adyacentes Estrategia Europa 2020: Desarrollo económico inteligente, sostenible e inclusivo</p>	<p>Sin muchos resultados visibles Aumento de las áreas protegidas Aumento de la población visitante por el turismo – Cambio de espacios de producción a espacios de consumo Simplificación y finalización de la elaboración de los PROF (de 21 PROF pasaron a 7 PROF) Elaboración de los Planes de Utilización de los Baldíos (PUB) Inicio de repoblaciones con especies de mayor valor ambiental en poblamientos mixtos o puros de especies autóctonas Enfoque: producción, protección, conservación, silvopastoricia, recreo y valoración del paisaje</p>	<p>2000-2005: Gran aumento en el área anual ardida (más monte) 2005-2010: Reducción del área ardida anual 2017-Actualidad: Aumento de área ardida</p>
--------------------------------------	--	---	---

¹Ley de las Sesmarías – Promulgada en 1375 con el objetivo de reducir la despoblación rural y resolver la crisis general. La ley obligó a los terratenientes a cultivar sus tierras bajo pena de expropiación. ²Baldíos – Tierra sobre la cual se aplican derechos comunales. Tierra no cultivada por un período de 40 años.

Tabla 3. Dinámicas y sus consecuencias en las áreas rurales de Portugal (cont.).

Periodo	Dinámicas	Consecuencias para las áreas rurales	Características del régimen de fuego
Siglos XIV-XVIII	<p>Fuentes: Alados, Pueyo, Escós, & Robles, 2012; Aragón Ruano, 2011; Camarero et al., 2019; Gómez Mendoza, 1992; Loepe, Martínez-Vilalta, Oliveres, Piñol, & Lloret, 2010; Manderscheid, 1991; Martínez de Pison, 2000; Montero & Serrada, 2013; Montiel-Molina, 2000, 2003, 2013b; Montiel-Molina & Galiana, 2005)</p> <p>Economía eminentemente agraria Importancia de la población rural Función social: ajuste del bosque al estilo de vida y satisfacción de necesidades primarias Hegemonía Española (alta demanda de madera para la Marina) Poder de la Mesta. Ganadería trashumante 1748: Ordenanzas de conservación de los montes. Ordenanzas locales con consejos silvícolas 1755-1756: Catastro del marqués de la Ensenada (estadística nacional de información forestal)</p>	<p>Aprovechamientos mayoritarios: pastoreo y leñas Formas de aprovechamiento colectivas Degradación forestal por aprovechamientos abusivos y necesidad de madera para la flota y economía nacional Falta de personal forestal instruido para poner en práctica los consejos silvícolas Falta de protección de las repoblaciones</p>	<p>Incendios de baja intensidad y frecuentes en relación con el pastoreo Área ardiada suele ser < 5 hectáreas</p>
1820-1823	Desamortización aristocrática	Privatización de montes para producción (conflictos sociales)	Aumento del número de incendios
1833	Ordenanzas Generales de Montes (Comienzos de la Administración Forestal, Dirección General de Montes)	Aprovechamientos mayoritarios: maderables	Aumento del área ardiada
1836-1844	Desamortización eclesiástica (Mendizábal)	Degradación forestal por aprovechamientos abusivos	Inicio de los grandes incendios
1855	Inicio de la desamortización general civil (Ley Madoz)	Eventos de inundaciones y torrenciales en las poblaciones cerca de los ríos	
Siglo XIX	Ingenieros de montes hacen aprobar ley que exceptúa de la venta las dehesas boyales de los pueblos sin aprovechamientos comunitarios		

Tabla 4. Dinámicas y sus consecuencias en las áreas rurales de España.

Siglo XIX	1820–1823	Clasificación general de los montes públicos (Cuerpo de Ingenieros). Objetivo: Regularizar masas forestales y organizar la producción. Protección y producción. Valoración económica del monte Enfoque en la producción		
	1862			
Final Siglo XIX- Siglo XX	1863	Primer Catálogo de montes públicos exceptuados de la desamortización	Resultado proceso desamortizador 1859–1926: pérdida de ~40% de área de MUP Repoblaciones de 1926 poco eficaces Más restricciones a la población: Planes de aprovechamiento municipales de los montes, objetivo fijar las condiciones y límites de uso, y establecer subasta pública de aprovechamientos y productos forestales. Frenar la especulación maderera Intensificación de la agricultura	
	1877	Primera Ley de Montes. Enfoque en la conservación y protección del suelo. Vigente hasta 1957		
	1901	Primera Ley General de Repoblaciones Forestales		
	1916	Actualización Catálogo MUP y defensa legal de la propiedad de los MUP		
	1926	Ley de Parques Nacionales. Inicio de la protección		
	1932	Primer Plan Nacional de Repoblación		
	1935	Actualización Catálogo MUP		
	1936–1939	Creación del Patrimonio Forestal del Estado (ICONA). Enfoque protector y productivo		
	1939 y 1941	Guerra civil española. Frenó la ley de 1935		
	1942	Plan Nacional de Repoblación Forestal Actualización Catálogo MUP		

Tabla 4. Dinámicas y sus consecuencias en las áreas rurales de España. (cont.)

Final Siglo XIX - Siglo XX	1877	1957: Nueva Ley de Montes Enfoque en la conservación y protección de los montes Final del proceso desamortizador 1950s–1960s: Sistema urbano-industrial: Industrialización y expansión urbana 1960s: Migración (de áreas rurales a urbanas). Abandono de tierras rurales Cambios de prácticas agrícolas y forestales Transición del uso de biomasa a combustibles fósiles 1968: Ley de incendios forestales	1940–1980: mayor área de repoblaciones forestales por el ICONA - 1940–1953: Repoblación hecha con mano de obra local (incentivo a la población rural) - 1953–1963: Inicio de la mecanización - 1970s–1980: Repoblación mecánica Éxodo rural y abandono agrícola Regeneración natural de los montes abandonados Homogeneización de los poblamientos forestales (<i>Pinus sp</i>)	Aumento de la frecuencia y tasa de propagación de los incendios 1956: Primer Servicio contra Incendios Forestales del Estado
1970s–1990s	1978: Nueva Constitución Española. Poder descentralizado 1970s–1980s: Aumento de la calidad de vida 1972: Ley Reglamento sobre incendios forestales 1986: Adhesión a la UE 1989: Ley de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre Leyes forestales de las Comunidades Autónomas Enfoque ecológico	Abandono rural Envejecimiento de la población rural Planes técnicos forestales. Aprovechamientos mayoritarios: culturales (recreo y ocio urbano)	Favorecimiento de la ocurrencia de incendios forestales 1970s–1980s: Incendios de primera, segunda y tercera generación	
Siglo XXI hasta la actualidad	2003: Nueva Ley de Montes 2005: Actualización Catálogo MUP 2005: Decreto Ley de medidas contra incendios forestales 2007: Ley para el desarrollo sostenible del medio rural 2011: Actualización Catálogo MUP	Aumento del turismo rural Guías para la elaboración de Planes estratégicos de desarrollo rural	1990–actualidad: Incendios de cuarta y quinta generación Mega-incendios	

Tabla 4. Dinámicas y sus consecuencias en las áreas rurales de España. (cont.)

Aunque Portugal se haya industrializado más tarde (Freire & Amaral, 2017), tanto Portugal como España parecen presentar semejanzas en su evolución rural a partir de la segunda mitad del siglo XX, tales como la desarticulación del paisaje rural y la desconexión entre lo rural y la agricultura, similitudes que han alejado las zonas interiores de montaña del sistema socioeconómico nacional y han ido transformando progresivamente las áreas de producción a áreas de consumo (Freire, Fonseca, & Godinho, 2004). Esto ha sido producto de los entornos natural y humano de ambos países, cuyos puntos más importantes se han detallado en la **Tabla 3** y **Tabla 4**. Así, en ambos sitios, los territorios rurales de montaña han ido alterando su identidad, pasando de constituir sociedades y territorios integrados en la economía nacional antes del siglo XIX, hasta la implementación de ambas Administraciones Forestales que alejaron a las comunidades locales de sus antiguos terrenos por la pérdida de los derechos de aprovechamiento y, más tarde, por las directivas europeas con enfoques ecológicos. Aunque a la luz de hoy las prácticas rurales adoptadas no siempre hayan sido las más correctas (en el ámbito del Régimen Forestal y los MUP, junto con el consecuente acotamiento de esos perímetros por razones de restauración hidrológico-forestal y de ordenación de la producción de acuerdo con nuevos razonamientos económicos no antes aplicados a estos espacios), estas quedaron sujetas a la aceptación y/o resistencia de la población rural (Martínez de Pisón, 2000).

A comienzos del siglo XX (en 1925), Portugal y España presentaban una estructura de la propiedad forestal algo dispar. En Portugal, el 22 % del territorio nacional era forestal, con la siguiente distribución de la propiedad: el 4 % del Estado, el 0 % de los pueblos y el 96 % de particulares. En España, el 50 % del territorio era forestal y la distribución de la propiedad era la siguiente: el 1,2 % del Estado, el 27,6 % de los pueblos y el 71,2 % de particulares (Manderscheid, 1991). No obstante, un siglo más tarde, a comienzos del siglo XXI, la estructura de la propiedad ya había sufrido cambios: en Portugal, el 2 % de la propiedad del Estado se había transferido a particulares y, en España, el cambio había sido mayor (el reparto pasó a ser del 29 % de propiedad pública, incluidos los montes de los pueblos, el 66 % de particulares y el 5 % de otro tipo) (Montero & Serrada, 2013).

Pese a que la evolución de las áreas de montaña en Portugal y en España se muestre semejante a partir de la segunda mitad del siglo XX, según la Comisión Europea (2004), las políticas actuales de intervención en cada uno de los territorios varían: Portugal posee políticas y medidas sectoriales de montaña, las cuales se dirigen casi únicamente a la agricultura, al ambiente y al turismo (Directiva CEE/75/268); España posee políticas de montaña dirigidas al desarrollo multisectorial, sobre todo, a nivel regional. Sin embargo, se trata de estrategias reactivas para compensar las desventajas estructurales que presentan estas áreas. La modernización de la agricultura como enfoque primario sigue muy presente, quedando en la práctica más marginadas y olvidadas las áreas que se caracterizan por tener pocas áreas agrícolas (Gløersen *et al.*, 2016).

El análisis de la bibliografía permite afirmar que las zonas de montaña de la Península Ibérica han ido adoptando a lo largo del tiempo otros componentes en su sistema inicial y han ido adquiriendo un carácter multifuncional y más orientado al sector de los servicios, pero no siempre se han insertado en una trayectoria de mejora de las actividades económicas relacionadas con estos paisajes rurales, como cabría suponer por parte de las políticas europeas (Costa, 2012). En cuanto al fuego, es posible observar que en ambos casos las dinámicas contextuales de inestabilidad tienden a generar un cambio en la frecuencia y/o en la extensión de los incendios, lo que confirma el carácter “humano/social” del fuego en ambos países. P. ej., el hecho de que a mediados del siglo XIX en Portugal se empezaran a dar los primeros pasos hacia un aumento de la prevención de incendios (en España fue solo a mediados del siglo XX), implica que este habría sido el primer efecto de una transformación del paisaje rural que ha provocado un desequilibrio en el sistema rural, y que casi 140 años más tarde culminó en uno de los desastres ambientales nacionales (los señalados incendios de 1975). Por otro lado, el desarrollo más tardío de las leyes ambientales en Portugal –los años ochenta en Portugal y los años sesenta en España– ha hecho que, en ese caso, en el momento de su aplicación ya se hayan encontrado con un sistema rural desagregado (Schmidt, 2008), pero, por otro lado, la significativa cantidad de leyes y normas aprobadas que versan sobre la protección de los montes desde una época anterior en España hacen creer que habría problemas de incumplimiento (**Tabla 4**).

Esta evolución de los diferentes entornos contextuales desde la última mitad del siglo XX y los consecuentes cambios en la relación fuego–paisaje ha favorecido en ambos casos la aparición de incendios forestales como evolución de las prácticas tradicionales de uso del fuego como herramienta para la gestión del territorio e, igualmente, han provocado cambios sustanciales en los territorios de riesgo (Araque Jiménez *et al.*, 1999; Montiel-Molina, 2013b; Moreno, 2007). Esto lo confirman los registros históricos de incendios sobre el Sistema Central, cuyo análisis ha permitido entender que antes del cambio de la segunda mitad del siglo XX se trataba, sobre todo, de incendios de pequeña extensión (< 15 hectáreas), fruto del sistema socioecológico de esa época, en el que había, por lo general, un control del fuego por la población rural. Cuando estos fuegos se salían de control, originaban generalmente incendios que afectaban a menos de 50 hectáreas (Montiel-Molina, 2013b).

El uso rural tradicional del fuego acorta su intervalo de recurrencia, sin que eso represente una pérdida económica o ambiental (Pereira & Santos, 2003). Sin embargo, su uso fuera del sistema rural tradicional representa un riesgo (Mateus, 2015; Moreira *et al.*, 2001) y tiene consecuencias sobre la viabilidad y la rentabilidad de la inversión forestal, ya sea sobre la conservación o sobre la producción y, especialmente, en el caso de los propietarios privados (Pereira, Carreiras, Silva, & Vasconcelos, 2006). Esto lo confirman las estadísticas que evidencian que los incendios han aumentado su tamaño, su frecuencia, intensidad y complejidad hasta la actualidad, originando a menudo una situación difícil de controlar por los medios de extinción (Pausas *et al.*, 2015).

Los incendios se han convertido en un problema para la sociedad en la Península Ibérica, lo que ha estimulado el conocimiento de la propensión al fuego de los diferentes LULC, así como de la composición del bosque (*forest composition*, FC) y de los impactos del fuego en esos diferentes LULC. Generalizando y simplificando, la agricultura es el LULC menos propenso al fuego (Pereira *et al.*, 2006) y el matorral es el LULC más propenso al fuego (Moreira *et al.*, 2011). En cuanto al FC, los bosques de pino marítimo y los bosques de eucalipto, las especies más representativas de Portugal, son más propensas al fuego (Mateus, 2015; Silva *et al.*, 2009). El impacto del fuego en el LULC mostró que, en algunos casos, el fuego puede promover una regresión forestal (*forest regression*), al facilitar la transición de bosque a matorral, y promover la homogeneidad

del paisaje, que, a su vez, promoverá la propagación del fuego (Torres, Pérez, Quesada, Viedma, & Moreno, 2016). En cuanto al FC, mostró estar relacionado no solo con la persistencia y la adaptación de un determinado género al fuego, sino también con la historia de la gestión del territorio (Loepfe *et al.*, 2010). El género *Pinus* tiende a estar bien adaptado al fuego, no obstante, esto no se cumple con todas las coníferas, además de que se registra una alta mortalidad de árboles coníferos después del fuego (Catry *et al.*, 2006). Las especies de hoja ancha tienden a sobrevivir al fuego, pero tienen una recuperación muy lenta. El género *Quercus* no soporta bien una corta recurrencia de fuego, independientemente de las características de rebrote de algunas especies (Moreira *et al.*, 2011). En definitiva, el impacto del fuego en el FC está fuertemente relacionado con su régimen, pues la regeneración se vuelve más difícil cuando, p. ej., la frecuencia del fuego es más corta de lo necesario para producir nuevas semillas, o cuando la intensidad del fuego es alta y daña más los tejidos (Vega, 2003).

3.3.2 Gestión integrada del fuego y resiliencia del paisaje al fuego

El concepto de gestión integrada del fuego busca reunir un conjunto de dimensiones para exponer el valor añadido del fuego y, a la vez, minimizar sus daños (Silva *et al.*, 2010a), lo que representa una creciente importancia como resultado del gran impacto de los incendios en la Península Ibérica (Pereira, Aranha, & Amraoui, 2015). Portugal y España poseen una legislación y una serie de políticas para la gestión del fuego orientadas a la supresión y al control de combustibles, aunque no se haya trabajado tanto el tema de su uso para crear paisajes de montaña menos propensos al fuego y más resilientes (Silva, Rego, Fernandes, & Rigolot, 2010b), ya que, si bien los incendios forestales se han estudiado ampliamente, no se ha prestado tanta atención a sus usos agrícolas y pastorales (Darques, 2016). No obstante, el enfoque principal actual en ambos países está orientado hacia la prevención, al menos en el discurso presentado, adoptando una perspectiva intersectorial y conectando las fases de prevención, detección, y supresión de incendios, e infraestructuras apropiadas (Castellnou & Nebot, 2007; Instituto Superior de Agronomía, 2010; Nunes, 2012; Raftoyannis *et al.*, 2014; Rodríguez y Silva, Molina Martínez, & González-Cabán, 2014). En ello se incluye la inversión en la educación de la población en relación con las prácticas de quema, junto con la revisión de la legislación actual de exclusión de incendios de una manera más

proactiva (Mateus, 2015; Montiel-Molina, 2013a), lo que es de vital importancia, pues las causas principales de incendio en la Península Ibérica son humanas (Torres, 2013).

La gestión integrada del fuego se aplica a dos escalas –vegetación y paisaje–, las cuales se relacionan con la planificación de la gestión forestal que, a su vez, se aplica a cuatro escalas: árbol, rodal, bosque, y paisaje (Kaya *et al.*, 2016). Se multiplican las publicaciones sobre las mejores prácticas de gestión forestal para hacer frente a los escenarios anteriores y posteriores al incendio, sobre todo a menor escala. A título de ejemplo están las intervenciones sobre la cobertura del suelo (la estructura de la vegetación y los combustibles), que influirá en el comportamiento del fuego (Moreira *et al.*, 2011). Las siguientes intervenciones silvícolas son beneficiosas: el encuadre del corte y la remoción de la madera ardida en periodos específicos, la realización de cortas selectivas a corto y medio plazo (Greenpeace, 2009; Moreira, Catry, Silva, & Rego, 2010), la gestión del combustible mediante el pastoreo (Canals, 2019; Mateus, 2015; Raftoyannis *et al.*, 2014), el uso de herbicidas, las quemas prescritas (Canals, 2019; Bento Gonçalves & Vieira, 2013; Moreira, Catry, Silva, *et al.*, 2010) y el empleo de incendios no planificados, que debilitan la intensidad del fuego a través de la reducción de la acumulación de combustible y minimizan los incendios subsecuentes (Regos, Aquilué, Retana, De Cáceres, & Brotons, 2014). Sin embargo, el contexto es esencial, ya que, p. ej., en las zonas de interfaz urbano-forestal (IUF) es difícil utilizar fuego prescrito por la cantidad de área construida (Galiana Martín, 2012). Una idea parece ser común a varios autores: no hay beneficios en la exclusión total de incendios, principalmente debido a la acumulación de combustibles (Castellnou & Nebot, 2007) y las políticas existentes no siempre se adecúan a los contextos locales (Montiel-Molina, 2013a; Tedim *et al.*, 2013). El desarrollo de este tema tan específico sobrepasa el ámbito de esta tesis, aunque quepa mencionar que las tres fases –prevención, detección, y supresión– están respaldadas por herramientas tales como los mapas de combustible e índices de riesgo de incendio (Vélez Muñoz, 2009), los sistemas de apoyo a la decisión de gestión del fuego (Mavsar, González, & Varela, 2013), y las herramientas para la evaluación económica de programas de gestión de incendios forestales (Rodríguez y Silva & González-Cabán, 2010).

Dentro de los sistemas de apoyo se insertan, p. ej., los conceptos de los escenarios territoriales de incendio (*landscape-based fire scenarios*) y los incendios-tipo (*fire types*). Los

escenarios territoriales de incendio son áreas que presentan características similares al inicio y la probable evolución de un incendio. El objetivo principal en su definición es posibilitar la gestión de los incendios-tipo. Los incendios-tipo son solo dos, incendio y quema prescrita, según el glosario de terminología de incendios rurales, enfocado en su perspectiva de gestión (National Wildfire Coordinating Group, 2014). Sin embargo, según otras interpretaciones, el concepto de incendios-tipo puede aplicarse a la planificación como una herramienta muy útil en respectivo a la prevención (Costa *et al.*, 2011), ya que en la misma topografía y meteorología, el fuego se propagará de la misma manera, cambiando solo su intensidad según la disponibilidad de combustible ese día, lo que permite tipificar el incendio (Castellnou, Pagés, Miralles, & Pique, 2009).

Los escenarios territoriales de incendios están, por supuesto, relacionados con los factores contextuales del régimen de fuego y, aunque en este tema no se haya avanzado en Portugal, se encuentra bastante desarrollado en España. Según Galiana Martín *et al.* (2009), deben considerarse al menos los siguientes elementos para definir un escenario territorial: (1) las características estructurales de los ecosistemas forestales (el combustible, la pendiente y la inflamabilidad), (2) la población y su disposición, y (3) el sistema de propiedad. Sobre esta base, se definieron escenarios territoriales de incendio a nivel nacional, basados en la cartografía de las regiones naturales, con especial atención en la región natural del Sistema Central, donde se dibujaron cuatro escenarios territoriales de incendios diferentes. Desde un punto de vista territorial, también se ha explorado el tema de los escenarios de incendio en las IUF, así como los retos de su extinción (Barros *et al.*, 2012; Galiana Martín, 2012).

Con respecto a los incendios-tipo, se han identificado nueve tipos en Cataluña, según cuatro patrones de propagación de incendios: topográficos, de viento, de convección y de tormenta (Costa *et al.*, 2011). Estos se han dibujado con datos de los años 1800–2007 y pueden generalizarse en otras áreas de la región mediterránea (Castellnou *et al.*, 2009). En Portugal, se han clasificado los incendios en cuatro tipos en el PNDFCI, aunque el criterio no haya sido el mismo –se basó en la combinación de las igniciones y del área ardiada a escala municipal (Mateus, 2015)– mientras que, actualmente, se está aplicando la clasificación española a un caso portugués que reúne 14 municipios de la región Centro de Portugal con recurso a los datos de los años 2001–2017 (Oliveira, 2018).

Por lo tanto, aunque el tema de la gestión integrada del fuego a una escala de vegetación sobrepase el tema de esta tesis, a una escala de paisaje, sí tiene cabida, en cuanto a la teoría de que la forma correcta de enfrentar la situación es reducir la vulnerabilidad del paisaje al fuego y aumentar su resiliencia (Fernandes, 2013; Galiana Martín & Karlsson, 2012; Vega, 2003). La resiliencia del paisaje al fuego depende, no solo de sus características intrínsecas (de la identidad del paisaje), sino también de la historia de las características contextuales que han culminado en el estado actual (Lecoq, 2014; Moritz *et al.*, 2014). Esto solo es posible mediante el conocimiento de los regímenes del fuego históricos, así como de la dinámica del paisaje, en definitiva, mediante el entendimiento de la relación fuego–paisaje a lo largo del tiempo (Conedera *et al.*, 2009; European Environment Agency, 2016).

Puede ser muy útil aplicar la teoría de la resiliencia al paisaje y al fuego, de hecho, la investigación sobre este tema se encuentra actualmente en desarrollo, pudiendo citarse algún ejemplo empírico que explora la resiliencia adaptativa de las comunidades locales al fuego (Paveglio, Edgeley, Carroll, Billings, & Stasiewicz, 2019), y una perspectiva teórica sobre la resiliencia básica, la resiliencia adaptativa y la resiliencia transformativa (McWethy *et al.*, 2019), ambos en EE. UU. Un paisaje resiliente es aquel que posee la capacidad adaptativa para mantener su identidad, aunque no sus procesos originales, o cambiar en respuesta a las circunstancias, pero manteniendo el equilibrio entre sus componentes (Abson, Sherren, & Fischer, 2014). A una escala de vegetación, la mayor parte de la vegetación mediterránea es bastante resiliente a los regímenes del fuego naturales del pasado, lo que le permite sobrevivir o prosperar después de un incendio, según su carácter de rebrote, sembrador o reclutador; p. ej., algunas especies se recuperan rápidamente después del incendio, puesto que mantienen parte de la planta viva bajo tierra; otras necesitan el fuego para la germinación de las semillas. La mayoría posee un rápido crecimiento y una abundancia de semillas con una fácil germinación, una floración temprana o una corteza de garrapata para proteger las partes vitales y los brotes (Bodi *et al.*, 2012; Greenpeace, 2009; Madrigal, Hernando, & Guijarro, 2011). A un nivel de paisaje, tener paisajes rurales resilientes al fuego implica una gestión rural y de incendios integrada que promueva un paisaje menos propenso a los incendios, evitando la homogeneidad y los paisajes estratificados y que provea, en su lugar, las

herramientas necesarias para enfrentar el régimen de fuego de manera resiliente con un enfoque en los procesos de optimización (Castellnou & Nebot, 2007; Kaya *et al.*, 2016). Comprender las dinámicas culturales y naturales del territorio y establecer los escenarios y los procesos para la participación efectiva de la comunidad es vital para la construcción de paisajes resilientes. Según la interesante perspectiva de Wu & Kim acerca de las áreas de monte sujetas a incendios frecuentes, uno de los componentes de esos escenarios y procesos debería ser el precio de la resiliencia, ya que *“when valuations of ecosystem resilience are non-existent, the implication for policy is often that resilience has no economic value at all. Resilience pricing thus represents a step in the proper direction of understanding and sustainably managing ecosystems”* (Wu & Kim, 2013, p. 12). Además, en general, se les da menos valor a las áreas ardiadas en comparación con otros LULC, lo que podría conllevar a una pérdida aún más pronunciada de la resiliencia del paisaje, puesto que la inversión en esas áreas será más corta y el abandono de la tierra será superior (Moreira *et al.*, 2011).

Por lo general, los bosques del Sur de Europa, debido a sus características, están actualmente más relacionados con los servicios de los ecosistemas sociales y ambientales –la conservación de la biodiversidad, la protección de las cuencas hidrográficas, el secuestro de carbono, la belleza del paisaje y la recreación– que con la actividad económica. Esto genera una restricción, ya que no hay suficiente actividad económica para compensar las demás actividades. Además, la gran parte de la propiedad privada que existe en las áreas de montaña constituye un obstáculo para implementar de forma más eficiente y comprensiva las prácticas de gestión adaptativa en la región mediterránea, que es altamente vulnerable al cambio climático (Lindner *et al.*, 2010).

4 | METODOLOGÍA

El paisaje rural ibérico es el resultado de muchos años de ajustes espaciotemporales, que se convirtieron en motores del cambio que resultó en el paisaje y el régimen de fuego actual. El ser humano ha sido clave en estos ajustes y, sin él, quizá la mayor parte del territorio estaría actualmente cubierta por bosques (E. E. A., 2006) o, al menos, según los modelos de vegetación global, los bosques tendrían la doble extensión sin la presencia de incendios (Bowman *et al.*, 2009). No obstante, en el capítulo 3 se intentó demostrar que la presencia del fuego en el territorio en relación con el ser humano es un hecho en los paisajes mediterráneos, y que explorar la historia de esos paisajes y su relación con el fuego a lo largo del tiempo, i.e., comprender los procesos y los patrones actuales, permitirá una optimización de la gestión y la implementación de políticas adecuadas con el fin último de mejorar la resiliencia del paisaje al fuego (Bürgi & Gimmi, 2007; Lunt & Spooner, 2005; Marcucci, 2000; Rhemtulla & Mladenoff, 2007; Szabó, 2010).

Ni Portugal ni España tienen fuentes específicas de información sobre incendios rurales históricos que se relacionen directamente con sus bases de datos nacionales de incendios y, en consecuencia, cada país se basa en proyectos de investigación para seguir recopilando esta información histórica valiosa, la cual en la mayoría de los casos no es información directa lo que, a su vez, permite realizar un análisis de la dinámica del paisaje histórico cada vez más fiable y completo. Se viene demostrando que el método geohistórico es adecuado para una aplicación a una escala a largo plazo, tanto para reconstruir los regímenes del fuego, como para reconstruir la dinámica del paisaje rural de montaña (Adrião & Guiomar, 2018; Carracedo Martín *et al.*, 2017; Montiel-Molina *et al.*, 2019).

Es más, en la **Tabla 3** y **Tabla 4** anteriores, se ha trazado un recorrido de las dinámicas contextuales que han sido las fuerzas impulsoras del cambio de los paisajes rurales portugueses y españoles y que han podido provocar los regímenes del fuego. Sin embargo, no se ha podido evaluar cómo varían esos regímenes en función de la ubicación, ni tampoco cuál ha sido en concreto la dinámica del paisaje rural de montaña

y su relación con el fuego, puesto a que no hay un registro histórico de incendios rurales que permita investigarlo.

En cuanto a las políticas europeas, cada vez más se viene subrayando la idea de que una misma solución no puede aplicarse a todos los territorios de montaña, pues cada caso se encuentra en una etapa de desarrollo diferente, lo que le otorga más importancia a una investigación apoyada en casos de estudio (Price, 2016). Efectivamente, reconstruyendo los regímenes del fuego y su contexto en varios momentos, en las mismas áreas y utilizando diferentes escalas, es posible acercarse a descifrar la relación fuego-paisaje e identificar los componentes clave del sistema que definirían su equilibrio dinámico y una mejora de su resiliencia.

El modelo dibujado en la **Figura 1** conecta los conceptos identificados y la hipótesis planteada en la secuencia del capítulo anterior, y encuadra los diferentes apartados que se explorarán en esta tesis.

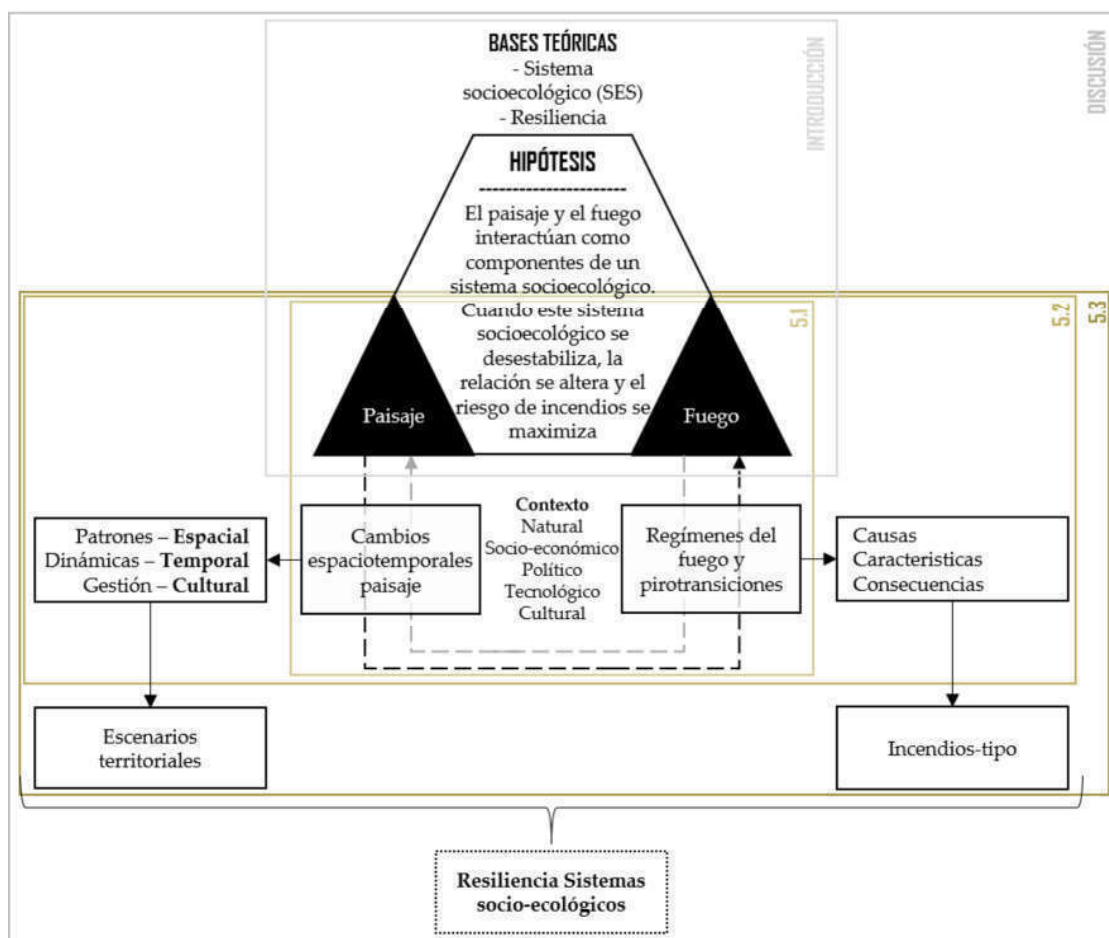


Figura 1. Modelo conceptual de la tesis.

4.1 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La hipótesis de investigación planteada es la siguiente:

H. El paisaje y el fuego interactúan como componentes de un sistema socioecológico. Cuando este sistema socioecológico se desestabiliza, la relación se altera y el riesgo de incendios se maximiza.

Los objetivos se fijaron como medio para investigar la hipótesis. De esta forma, se han definido tres objetivos generales (OG) de la tesis:

OG1. Proceder a un análisis comparativo entre los extremos oriental y occidental del Sistema Central, en lo que se refiere a la interacción reciente entre los cambios en el paisaje y en el fuego.

OG2. Reconstruir el registro histórico de incendios rurales y analizar la utilización del fuego en el marco del sistema rural tradicional previo a la institucionalización de la defensa contra incendios forestales y a las políticas de exclusión del fuego, comparando a escala de paisaje los extremos oriental y occidental del Sistema Central.

OG3. Analizar un caso de estudio a escala local, en lo que se refiere a la relación entre los cambios en el paisaje y la evolución del régimen de fuego.

A continuación, se exponen los objetivos específicos que se han determinado para la investigación:

Los incendios forestales en la Península Ibérica fueron extensos y frecuentes en la segunda mitad del siglo XX. Asimismo, el LULC también ha sufrido muchos cambios en este periodo. En este sentido, se ha buscado comprender cuál ha sido la relación entre el LULC y el fuego en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón, biofísicamente similares, pero con diferentes contextos socioecológicos, definiendo el primer objetivo específico de la investigación (OI).

OII. Evaluar la interacción entre el fuego y las transiciones de LULC a escala de paisaje en dos contextos socioecológicos diferentes.

Teniendo como punto de partida la gran diferencia entre la frecuencia de incendios en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón en la segunda mitad del siglo XX se ha planteado la siguiente pregunta de investigación (PI):

PII. ¿La interacción entre el LULC y el fuego podría explicar la mayor frecuencia de los incendios en la Serra da Estrela en comparación con la Sierra de Ayllón?

Las decisiones de gestión del espacio forestal, así como la presión humana de los últimos siglos, han creado el escenario de fuego actual. La Serra da Estrela y la Sierra de Ayllón cuentan con una larga historia de incendios forestales, aunque las causas humanas y el régimen de fuego difieran en función del contexto en uno y otro extremo del Sistema Central. Sobre esto, se ha definido el segundo objetivo específico de investigación:

OI2. Entender cuál es la importancia de los factores contextuales –ambiental, político, y socioeconómico– en la definición de las causas humanas de los incendios rurales, así como de los regímenes del fuego asociados.

Sabiendo que la reconstrucción del registro histórico de incendios y del paisaje en las dos sierras de estudio fomenta un análisis sólido de sus características a lo largo de los dos últimos siglos, se han definido la segunda y la tercera pregunta de investigación:

PI2. ¿Cuáles son las causas subyacentes de los incendios forestales y cuál es su naturaleza?

PI3. ¿Cómo han influido los factores contextuales humanos y ambientales en los cambios de régimen de fuego a lo largo de los siglos XIX y XX en ambos extremos del Sistema Central?

La dialéctica histórica fuego–paisaje es fundamental para comprender las diferencias socioespaciales del régimen de fuego en la actualidad. En efecto, la interacción que se ha establecido a lo largo de los últimos dos siglos entre el régimen de fuego y las dinámicas del paisaje varía según el contexto territorial. Así se definió el último objetivo específico de investigación:

O13. Conectar los conceptos de escenarios territoriales de fuego e incendios-tipo desde una perspectiva de largo plazo (siglos XIX y XX) a escala local.

Se han considerado que los escenarios territoriales del fuego y los incendios-tipo, dos conceptos básicos del marco teórico que se han abordado recientemente en la investigación sobre la ordenación del territorio y la gestión del fuego para explicar los paisajes y el riesgo de incendios, son pertinentes para demostrar la influencia de las escalas espacial y temporal en la definición del problema de los incendios forestales, a través de la identificación de las fuerzas motrices de los cambios del régimen de fuego a largo plazo y en la Sierra de Ayllón, una sierra sobre la que se ha podido encontrar más información histórica. Así se ha formulado la última pregunta de investigación:

P14. ¿Qué fuerzas impulsoras fueron responsables de las pirotransiciones del régimen de fuego a lo largo de los siglos XIX y XX en la Sierra de Ayllón?

Se ha dibujado un modelo conceptual que ha permitido conectar los objetivos de la tesis con las preguntas de investigación específicas. De esta forma, dentro del ámbito de los conceptos identificados en el marco teórico y, tomando los dos extremos del Sistema Central como área de estudio, el cuerpo de la investigación se ha organizado de conformidad con la **Figura 2**. Dividiéndose en tres secciones, cada una de ellas explora un tema común con diferentes escalas espaciotemporales que sostiene que el paisaje y el fuego interactúan como componentes de un sistema socioecológico y que, cuando se desestabiliza ese sistema socioecológico, la relación se altera y el riesgo de incendios se maximiza. Se añade aún otra sección, la cuarta, que presenta los resultados inéditos complementarios que dieron lugar a comunicaciones orales y pósteres presentados a lo largo del doctorado.

La primera sección se centra en un contexto reciente y comparado del régimen de fuego en los dos extremos del Sistema Central y su interacción con la variable LULC. Igualmente, de forma comparada, la segunda sección se centra en un contexto histórico y explora más variables aparte del LULC, i.e., la población y la gestión del espacio forestal. Además, se exploran de forma comparada casos de estudio a escala local en las dos sierras. La tercera sección se refiere aún al contexto histórico, pero al no ser desde una perspectiva comparada, permite profundizar más a escala local y explorar los

conceptos de incendio-tipo y los escenarios territoriales en la Sierra de Ayllón mediante los casos de estudio Jarama y Sorbe.

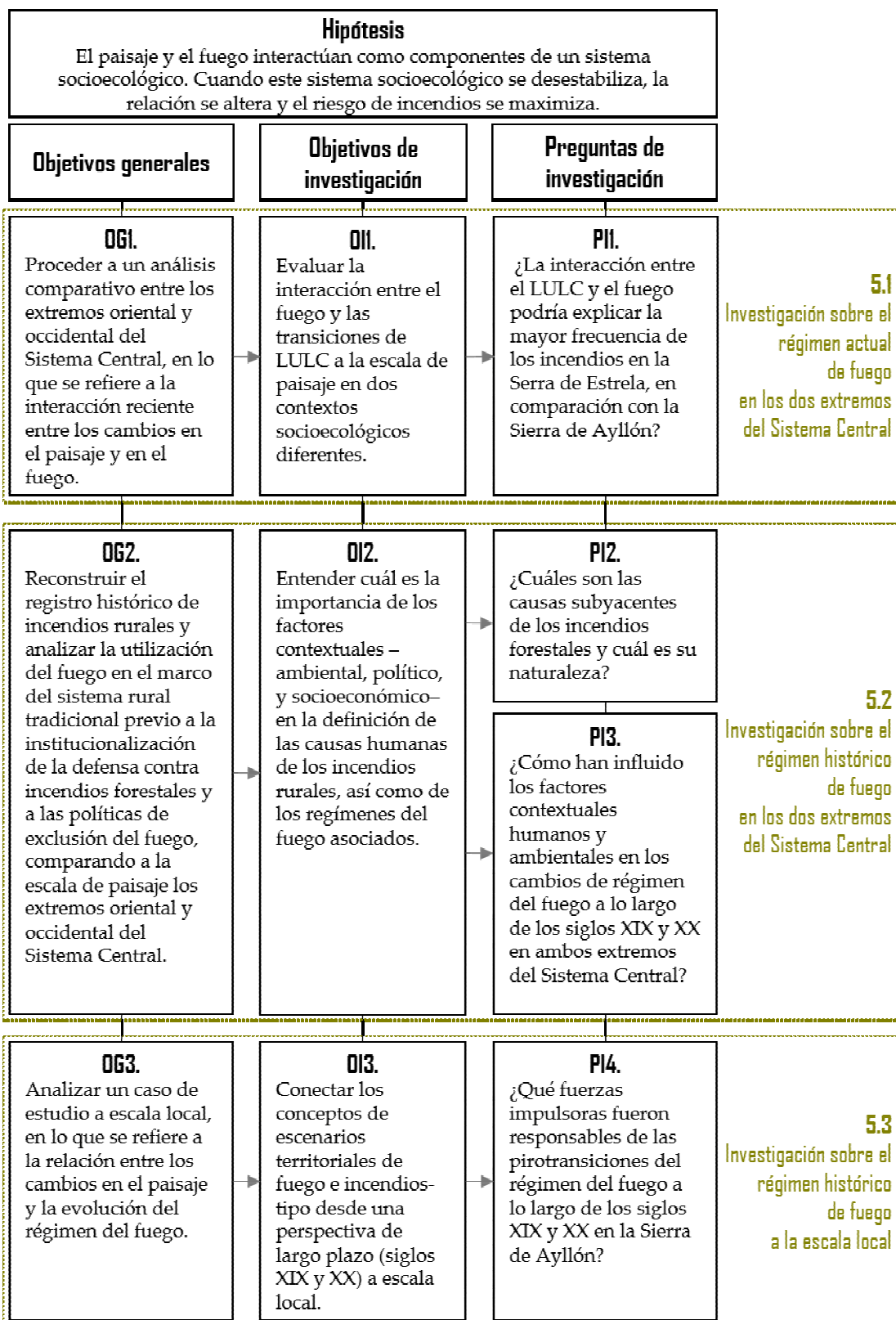


Figura 2. Hipótesis, objetivos y preguntas de investigación.

4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para alcanzar los objetivos generales definidos, se ha llevado a cabo una investigación en el ámbito de las ciencias sociales y, recurriendo a sus propias técnicas y fuentes. Esta tesis se desarrolló en el marco del programa de doctorado en Geografía de la Universidad Complutense de Madrid, en el Departamento de Geografía y en el Grupo de Investigación Complutense "Geografía, Política y Socioeconomía Forestal", coordinado por la Prof. Dra. Cristina Montiel Molina. Asimismo, se enmarca en el Proyecto de investigación I+D FIRESCAPE "Regímenes del fuego y dinámica del paisaje rural en el Sistema Central y en Sierra Morena" (CSO2013-44144-P), y se ha insertado en su línea de trabajo sobre la geografía histórica de los incendios forestales en España, la cual se ha extendido en este caso también a Portugal. En ese sentido, se han explorado las relaciones entre la historia del fuego y la evolución del paisaje rural a escala de paisaje y a escala local, partiendo de una metodología de investigación previamente desarrollada por este grupo de investigación, sobre todo, a escala regional. La investigación se ha dibujado en seis etapas (**Figura 3**).

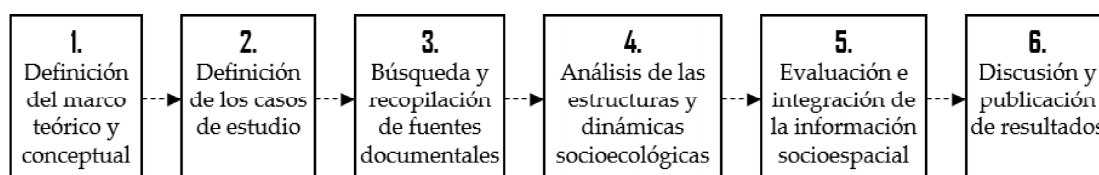


Figura 3. Diseño de la investigación.

En primer lugar, se ha definido el marco teórico y conceptual, dentro del que se ha elaborado un estado del tema exhaustivo, mencionando los expertos que han trabajado la historia del fuego y los regímenes del fuego en los paisajes de clima mediterráneo, con un enfoque especial en la Península Ibérica, empleando una metodología geohistórica.

En segundo lugar, se han definido los casos de estudio, buscando combinar las brechas de la investigación, encontradas previamente en el estado del tema y en el interés del tema desde una perspectiva comparativa. Se han definido dos casos de estudio a escala de paisaje y tres casos de estudio a escala local, atendiendo, de ese modo, a las dos escalas de trabajo definidas en los objetivos.

Como tercer paso, se ha realizado una búsqueda y se han recopilado una serie de fuentes documentales para reconstruir la historia del fuego en los casos de estudio. Para ello, la metodología de trabajo previamente definida por el Grupo de Investigación Complutense "Geografía, Política y Socioeconomía Forestal" se ha aplicado, desarrollado, y extendido a los casos de estudio situados en Portugal.

En cuarto lugar, se ha realizado un análisis de las estructuras y las dinámicas socioecológicas a escala de paisaje y a escala local. En quinto lugar, se ha realizado una evaluación y una integración de la información socioespacial. En estas dos etapas, también ha sido fundamental haber completado la investigación y la formación junto con dos estancias en otras universidades extranjeras. La primera, de tres meses de duración, en el Centro de Ecología Aplicada 'Prof. Baeta Neves' de la Universidad de Lisboa (Lisboa, Portugal), coordinado por el Prof. Dr. Francisco Castro Rego, perteneciente a la Red de Investigación en Biodiversidad y Biología Evolutiva (InBIO). La segunda, de dos meses de duración, en el Departamento de *Forest, Rangeland and Fire Sciences* de la Universidad de Idaho (Moscow, EE. UU.), bajo la orientación de la Prof. Dra. Penelope Morgan y de la Dra. Eva Strand, expertas en ecología del fuego y del paisaje.

Por último, se han discutido los resultados en diferentes eventos nacionales e internacionales: en congresos (p. ej. el Congreso Español de Biogeografía 2018 en España, y el Congreso Europeo de Geografía 2019 en Irlanda), en conferencias (p. ej. el Workshop 2019 "Los incendios forestales y el uso del fuego. Pasado, presente y futuro" en España) y en reuniones científicas (p. ej. el Seminario Científico "Geografía, Política y Socioeconomía Forestal" 2016 en España y la Reunión anual de la US-IALE 2019 en EE. UU.). Finalmente, se han publicado los resultados en tres artículos científicos en revistas con sistema de revisión por pares. Las tres publicaciones se encuentran disponibles en línea (y como anexo de la tesis), de acuerdo con la siguiente información:

- Sequeira, C.R.; Rego, F.C.; Montiel-Molina, C.; Morgan, P. Half-Century Changes in LULC and Fire in Two Iberian Inner Mountain Areas. *Fire* 2019, 2 (3), 45, <https://doi.org/10.3390/fire2030045>.

- Sequeira, C.R., Montiel-Molina, C., Rego, F.C. Historical fire records at the two ends of the Iberian Central Mountain System: Estrela massif and Ayllón massif. *Investigaciones Geográficas* 2019, 72, pp.31-52, <https://doi.org/10.14198/INGEO2019.72.02>
- Sequeira, C.R., Montiel-Molina, C., Rego, F.C. Landscape-based fire scenarios and fire types in the Ayllón massif (Central Mountain Range, Spain), 19th and 20th centuries. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 2020, 46, <https://doi.org/10.18172/cig.3796>.

4.3 ÁREA DE ESTUDIO Y ESCALAS DE ANÁLISIS

4.3.1 Los dos extremos del Sistema Central como área de estudio

El Sistema Central se desarrolla en dirección SO-NE y posee más de 500 km de largo y 40 km de ancho. Es litológico y estructuralmente complejo; está compuesto por diferentes meso y macro estructuras, producto de procesos metamórficos, de granitización y otros procesos de deformación regional que han tenido lugar, especialmente, en la era Cenozoica (Cotilla, Córdoba, & Herraiz, 2007; de Vicente, 2007; Gutiérrez, Harvey, García-Ruiz, Silva, & Cendrero, 2013). Esta región natural, definida por Martínez de Pisón & Molina (2002), divide las cuencas hidrográficas del Tajo y del Duero y se compone de varias sierras (Dantín Cereceda, 1922). Su extremo occidental es la Serra da Estrela, en Portugal, y su extremo oriental es la Sierra de Ayllón, en España. Se trata de dos áreas que están unidas por límites territoriales naturales (la misma región natural, el Sistema Central), pero separadas por fronteras administrativas nacionales (Portugal y España) (**Figura 4**). Pese a que sea una región natural con una evidente presencia histórica del fuego (Montiel-Molina, 2013b), y pese al interés de investigación que genera –ya que ha tenido una evolución distinta a lo largo de la historia a nivel sociopolítico y socioeconómico–, la mayoría de los estudios existentes, con independencia de su disciplina de origen, se centran o bien en el sector español del Sistema Central, o en el sector portugués del Sistema Central sin explorar toda la unidad. Los estudios que analizan todo el conjunto son sobre todo estudios de disciplinas de geomorfología y climatología (Cotilla *et al.*, 2007; Gutiérrez *et al.*, 2013). Este hecho implica que estas dos sierras –Estrela y Ayllón– sean una elección de área de estudio

muy interesante, no sólo desde una perspectiva enfocada en cada una de las sierras, sino también la comparación entre ambas.



Figura 4. Localización de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón en la Península Ibérica (A). Vista tridimensional de la Región natural del Sistema Central con identificación de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón (B). Fuentes: MDE ASTER 90 m de la Península Ibérica – Grupo de Investigación Kraken, Universidad de Extremadura (Reuter, Nelson, & Jarvis, 2007), <http://i.de.unex.es/conocimiento/index.php?/article/AA-00204/0/MDE-de-la-Pennsula-Ibrica-90-y-250-m.html>; Ríos – Worldwildlife (WWF), River Network, Europe, <https://hydrosheds.cr.usgs.gov/datadownload.php?reqdata=15rivs>.

4.3.2 Las escalas de análisis

La naturaleza del análisis ha sido multiescalar, ya que se han considerado varias escalas temporales y varias escalas espaciales para reconstruir el registro histórico de los incendios rurales y las dinámicas del paisaje. Temporalmente, se han usado las tres escalas siguientes:

- *Largo plazo*. La perspectiva de largo plazo se refiere a los dos últimos siglos (XIX y XX) y se relaciona con el origen del Régimen Liberal y con la creación de la Administración Forestal en España y del Régimen Forestal en Portugal a finales del siglo XIX.
- *Medio plazo*. La perspectiva de medio plazo se refiere a la segunda mitad del siglo XX y comprende dinámicas territoriales más recientes, relacionadas con las transiciones económicas y políticas, tanto en Portugal como en España. Es decir, las dictaduras (Salazar en Portugal y Franco en España) y el post-régimen en los dos países, la desarticulación de la organización tradicional del sistema rural, causado por la revolución industrial tardía y los procesos de urbanización y de desarrollo, y los efectos de las políticas rurales que han surgido tras la integración de Portugal y España en la Unión Europea en 1986.
- *Corto plazo*. La perspectiva de corto plazo se refiere a finales del siglo XX hasta la actualidad y versa sobre las consecuencias de las dinámicas que han tenido lugar en las dos perspectivas anteriores.

Además, por la diferente naturaleza de los datos relativos a los incendios, se han considerado en esta tesis dos períodos distintos: un *Período Histórico*, que se remonta a antes de los ochenta, y un *Período Estadístico*, que comienza en dicha fecha.

Espacialmente, se han empleado cuatro escalas: la escala nacional (Portugal y España), la escala regional (Sistema Central), la escala de paisaje (Serra da Estrela y Sierra de Ayllón) y la escala local (el perímetro forestal en Estrela, y las micro cuencas hidrográficas en Ayllón). La unidad básica para la recopilación de datos es el municipio, aunque a través de múltiples escalas.

4.3.2.1 La escala de paisaje: Serra da Estrela y Sierra de Ayllón

A continuación, se detallan por comparación las características administrativas y biofísicas más importantes de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón (**Figura 5**).

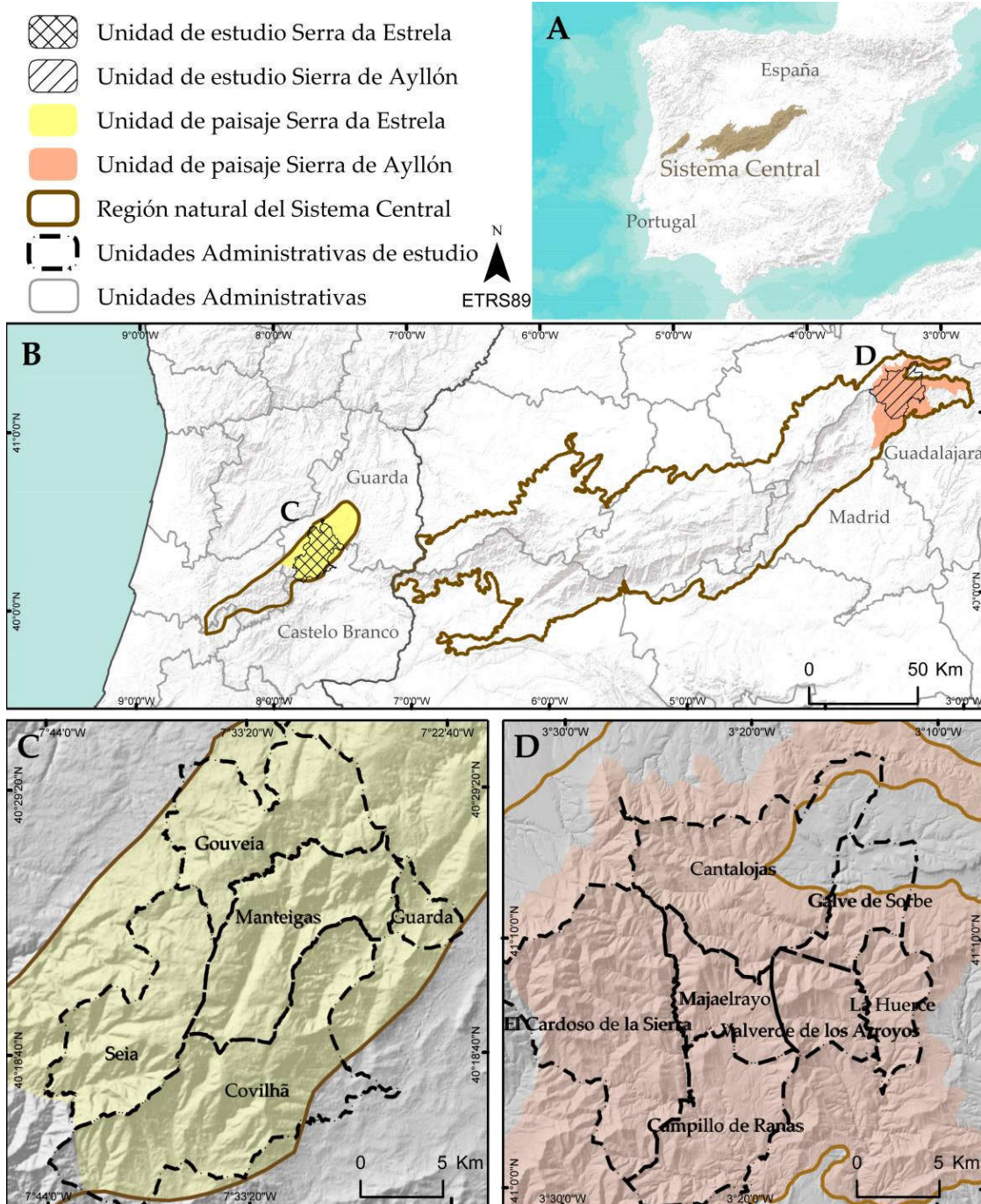


Figura 5. Área de estudio. Localización de la región natural del Sistema Central en la Península Ibérica (A); Localización de la Serra da Estrela (extremo occidental) y de la Sierra de Ayllón (extremo oriental) en el Sistema Central y respectivas unidades de paisaje (B); Unidades administrativas (concelho) de la Serra da Estrela (C); Unidades Administrativas (municipio) de la Sierra de Ayllón (D). Fuentes: Unidades administrativas (Portugal – DGT, http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/), España – IGN, <http://centrodedescargas.cnig.es>), MDT – ESRI, Mapa Topográfico, Unidades de Paisaje (Portugal – Universidad de Évora, España – Atlas de los paisajes de España, <https://www.miteco.gob.es>).

Características administrativas

La unidad de la Serra da Estrela adoptada en esta tesis posee aprox. 58.000 hectáreas e incluye las *freguesias* de cuatro *concelhos*/municipios de los distritos de Guarda y de Castelo Branco. El sector de la sierra situado en el Distrito de Guarda encierra cuatro municipios: Guarda (la *freguesia* de Valhelhas), Manteigas (las *freguesias* de Santa Maria, São Pedro, Sameiro, y Vale de Amoreira), Gouveia (las *freguesias* de Folgoso, Gouveia, y União das *freguesias* de Aldeias e Mangualde da Serra) y Seia (las *freguesias* de Sabugueiro, Loriga, e Alvoco da Serra). El sector que se sitúa en el Distrito de Castelo Branco incluye el municipio de Covilhã (las *freguesias* de Verdelhos, União das *freguesias* de Cantar-Galo e Vila do Carvalho, União das *freguesias* da Covilhã e Canhoso, Cortes do Meio, Unhais da Serra, y Erada).

La unidad de la Sierra de Ayllón adoptada en esta tesis posee aprox. 63.000 hectáreas. Se sitúa al NE de la Provincia de Guadalajara e incluye siete municipios del Distrito de Guadalajara: Cantalojas, El Cardoso de la Sierra, Campillo de Ranas, Galve de Sorbe, La Huerce, Majaelrayo y Valverde de los Arroyos.

En ambos casos, las respectivas unidades de paisaje incluyen otros municipios que no han sido considerados en la definición de los casos de estudio con el fin de mantenerse consistente en la escala de análisis.

Características topográficas y geológicas

La Serra da Estrela se desarrolla en mesetas alargadas en dirección SO-NE, presenta dos valles principales –el valle del Zêzere y el valle del Alforfa– y se compone de granitos y rocas metamórficas glaciares y periglaciares (Vieira, 2008; Vieira, Jansen, & Ferreira, 2005). En el sector norte, donde dominan los granitos, los altiplanos son largos y está delimitado por pendientes fuertes, fruto de fallas y fracturas tectónicas, en las que se encuentran ríos rectilíneos. En el sector sur, donde dominan las pizarras y las grauvacas, el paisaje presenta otras características como una red de drenaje más sinuosa y densa. Esta área de estudio nace en los ~1420 m s. n. m. el río Mondego (que desemboca en el océano Atlántico, en Figueira da Foz) y en los ~1900 m s. n. m. el río Zêzere, un

afluente del Tajo (que se une al Tajo en Constância y que más tarde desemboca en el océano Atlántico, en Lisboa).

La Sierra de Ayllón está compuesta por el macizo antiguo, valles mesozoicos periféricos y afloramientos terciarios (Fidalgo, 1987), y está dominado por pizarras negras y gneis, pizarras de arcilla y granitos (Aparicio & García Cacho, 1987). En esta área se encuentra el río Sorbe (nace en los ~1200 m s. n. m., cerca de Campisábalos, y se une al Henares en Humanes) y el río Jarama (nace en los ~1860 m s. n. m. en el Hayedo de Montejo, y desemboca en el Tajo, cerca de Aranjuez) (Castel, 1873; Mata Olmo & Sanz Herráiz, 2004).

La Serra da Estrela es menos elevada que la Sierra de Ayllón. El punto más alto en Estrela es 1993 m s. n. m., al SO del área, en Seia; en Ayllón es 2268 m s. n. m. en El Cardoso de la Sierra, una montaña en el valle del Jarama. Sin embargo, el rango de elevación total es más amplio en Estrela (1620 m en Estrela y 1377 m en Ayllón), ya que su punto más bajo se localiza aprox. 500 m más abajo del punto más bajo en Ayllón. Además, el patrón de distribución muestra que en Estrela las elevaciones entre 500 y 1300 m son más abundantes, mientras que en Ayllón hay una mayor abundancia de área entre los 1300 y 1500 m (**Figura 6**).

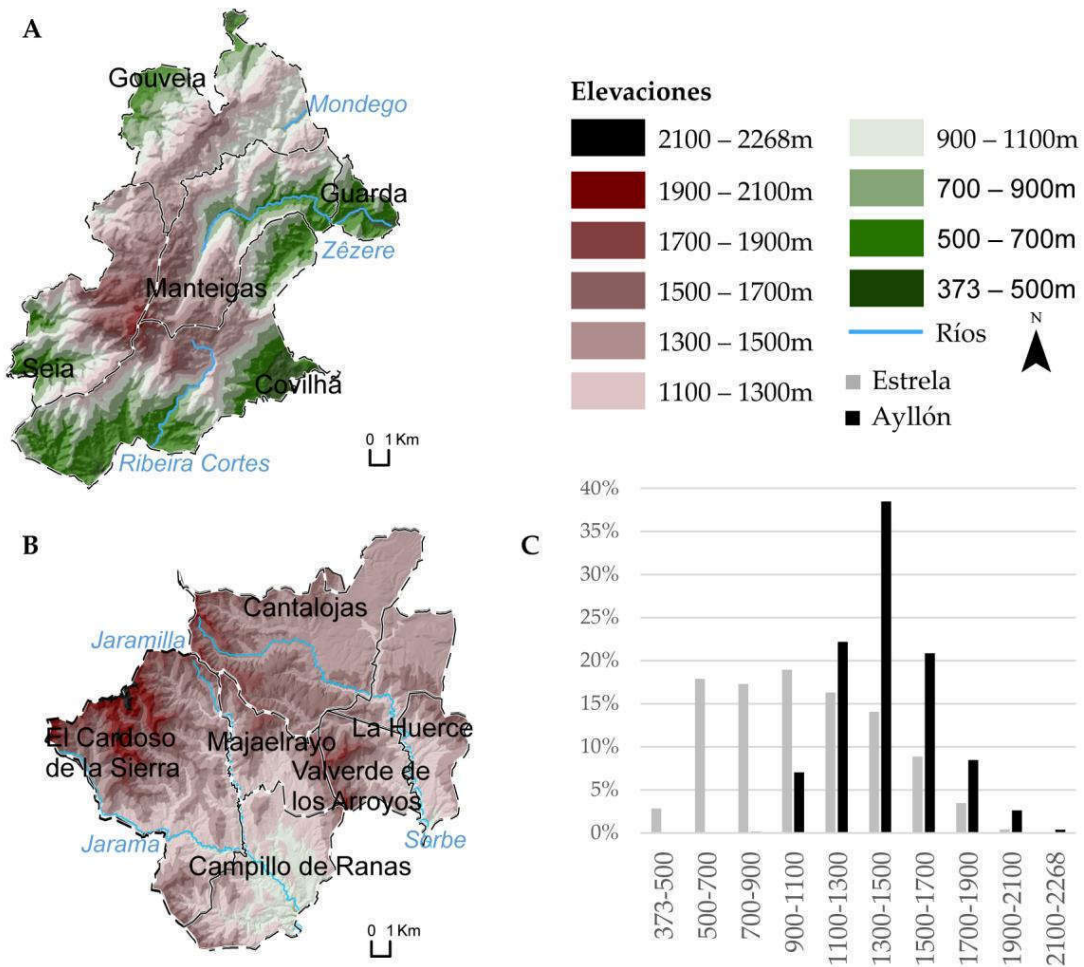


Figura 6. Mapa de elevaciones de la Serra da Estrela (A); Mapa de elevaciones de la Sierra de Ayllón (B); Distribución porcentual de elevaciones frente a la área total de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón (C). Fuentes: MDT30 M Portugal – ESRI-PT, <http://www.esriportugal.pt/>, MDT25 M España – IGN, <http://centrodedescargas.cnig.es>)

En cuanto a la distribución de las orientaciones, la Serra da Estrela posee una orientación SE dominante y la Sierra de Ayllón posee una orientación E y SO predominantes. Ambas sierras presentan una distribución de área semejante con orientación norte (~10% del área total), pero las orientaciones NE, E, SO, y O son predominantes en Ayllón, mientras que en Estrela son más abundantes las orientaciones SE, S, y NO (Figura 7).

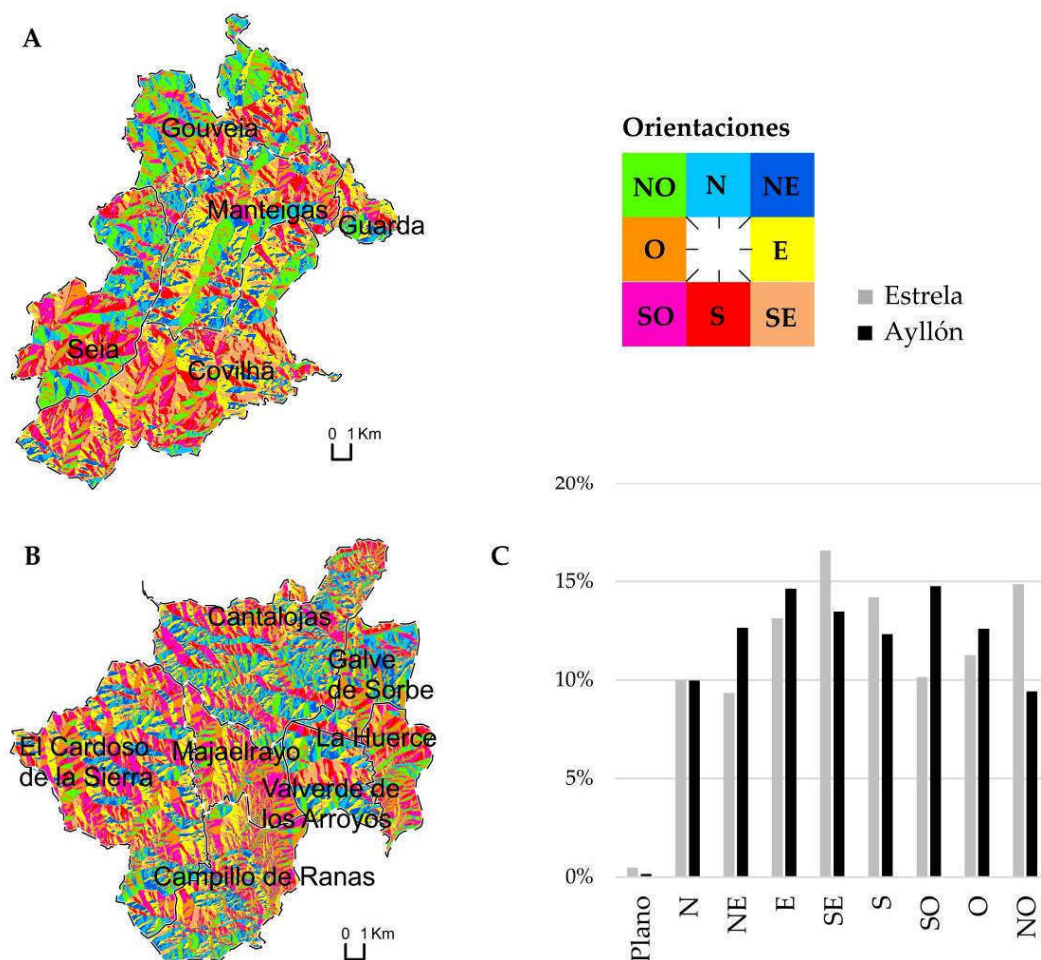


Figura 7. Mapa de orientaciones de la Serra da Estrela (A); Mapa de orientaciones de la Sierra de Ayllón (B); Distribución porcentual de orientaciones frente a la área total de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón (C). Fuentes: MDT30 M Portugal – ESRI-PT, <http://www.esriportugal.pt/>, MDT25 M España – IGN, <http://centrodedescargas.cnig.es>)

Las pendientes son bastante más fuertes en Ayllón (el 30 % de la Sierra de Ayllón presenta pendientes superiores a los 25°) que en Estrela (el 11 % aprox.). La distribución del área total entre los 15–25° de pendiente es muy similar en las dos sierras, y las pendientes más suaves (las inferiores a 15°) son más frecuentes en la Serra da Estrela. Las pendientes más pronunciadas en Estrela se sitúan en el eje SO–NE, y en Ayllón se sitúan por todo el área, excepto en el valle de Majaelrayo y en las mesetas de Cantalojas y Galve de Sorbe (**Figura 8**).

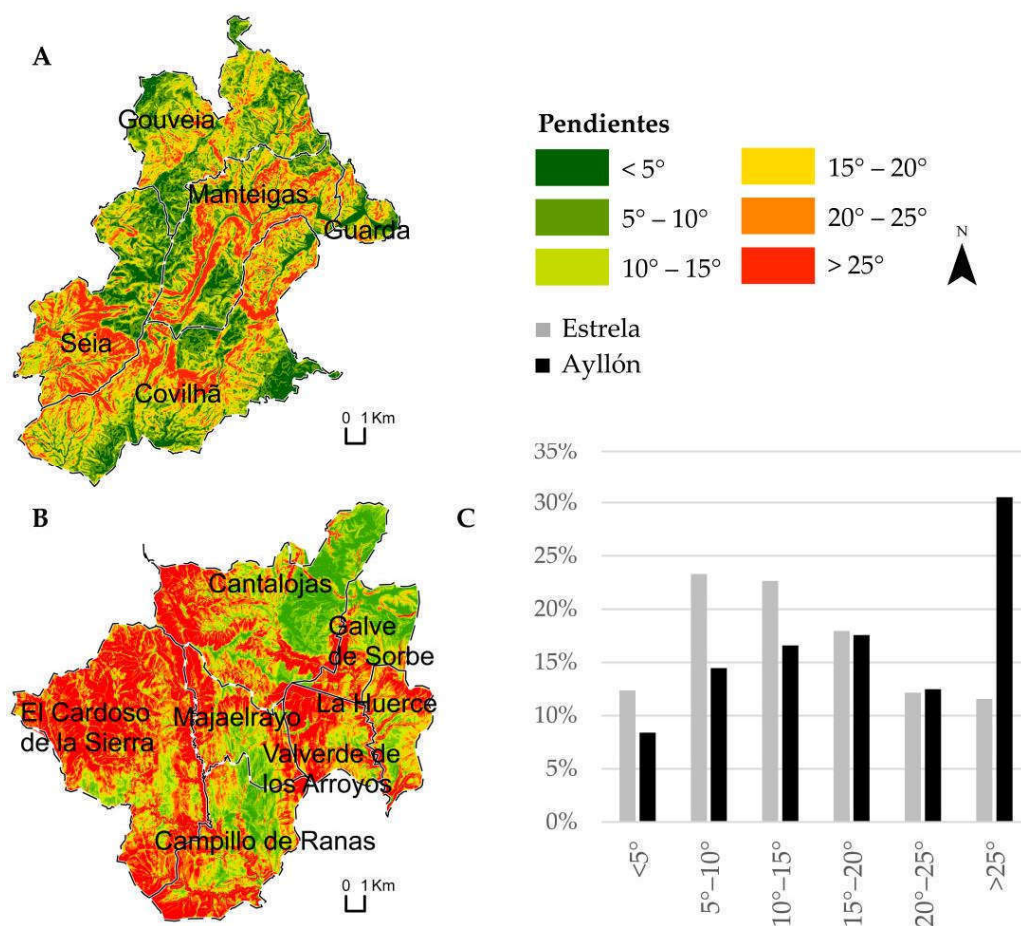


Figura 8. Mapa de pendientes de la Serra da Estrela (A); Mapa de pendientes de la Sierra de Ayllón (B); Distribución porcentual de pendientes frente a la área total de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón (C). Fuentes: MDT30 M Portugal – ESRI-PT, <http://www.esriportugal.pt/>, MDT25 M España – IGN, <http://centrodedescargas.cnig.es>.

Características climáticas

Según la comprensiva clasificación de Köppen-Geiger, basada en la temperatura y la precipitación, ambos son climas Csb, i.e., climas templados (la precipitación del mes más seco en verano es inferior a la mínima en invierno, la precipitación del mes más húmedo en invierno es superior al triple de la precipitación mínima en verano, y la precipitación del mes más seco en verano es inferior a los 40 mm), con veranos calurosos (durante cuatro o más meses del año hay un valor de 10 °C de temperatura umbral) (Kottek, Grieser, Beck, Rudolf, & Rubel, 2006; Peel, Finlayson, & McMahon, 2007; Rubel & Kottek, 2010). De acuerdo con la clasificación de Thornthwaite, basada en la evapotranspiración potencial, las dos sierras se insertan regionalmente en un clima tipo C₁ B₂ db₄, subhúmedo seco, con índice de humedad de -20–0, mesotérmico y con una necesidad hídrica anual de 712–855 mm, que presenta una variación estacional de la

humedad efectiva con poco o ningún excedente de agua a lo largo del año, y con una eficiencia térmica en verano del 48–52 % (Villmow, 1962).

Los datos a nivel nacional indican que hay influencias de los climas templado y mediterráneo en el caso de la Serra da Estrela, y que el clima dominante en la Sierra de Ayllón es el submediterráneo (AEMET-IM, 2011; Capel Molina, 2000). Se registran abundantes precipitaciones por tormentas repetidas en ambas sierras (Capel Molina, 2000), y específicamente, según los datos de la FAO, desde los años sesenta, la Serra da Estrela cuenta con una temperatura promedia anual de 9 °C (un promedio máximo de aprox. 15 °C y un promedio mínimo de aprox. 5 °C). La precipitación promedia anual es de 2000–2500 mm y su mayor abundancia se concentra en los meses de octubre a mayo. En las zonas más bajas, las precipitaciones mínimas son de alrededor de 1000–1200 mm (Brum Ferreira, Alcoforado, Vieira, Mora, & Jansen, 2001; FAO). En general, se ha verificado que cuanto mayor es la elevación, menor es la temperatura y mayores son la velocidad del viento y la precipitación. La Sierra de Ayllón, a su vez, también según los datos de la FAO, presenta una temperatura promedia de aprox. 8 °C (un promedio máximo de aprox. 20 °C y un promedio mínimo de aprox. 1 °C) y una precipitación anual promedia de 800–1500 mm (AEMET-IM, 2011). La precipitación es más abundante en noviembre y de enero a marzo, siendo el promedio anual de 800 mm hasta más de 1500 mm (FAO). El municipio más al NE (Cantalojas) es el que presenta los índices de precipitación más elevados y una menor termicidad. Por otro lado, en la disposición O–E hay una disminución de la precipitación.

Características de la vegetación

Ambas sierras poseen una larga historia de intervención humana en el paisaje. De esa forma, a parte de las características geológicas, topográficas, y climáticas previamente abordadas, la intervención humana también ha contribuido a la existencia y la distribución de las especies vegetales en el territorio.

La Serra da Estrela está dominada por matorrales y bosques de transición. La camada arbórea en altitudes más bajas se compone principalmente de *Quercus* sp. y en las áreas más frías hay *Fraxinus* sp., así como otra vegetación riparia variada. En altitudes intermedias, los *Quercus* sp., *Calluna* sp. y *Cytisus* sp. ocupan la mayor parte del área.

Estos dos últimos, junto con los *Juniperus* sp., las turberas, los pastizales de montaña y, particularmente, los pastizales *Cytisus* sp. y *Nardus stricta* dominan las altitudes más altas de la Serra da Estrela, con una camada arbórea compuesta en gran parte por *Pinus* sp. (Afonso *et al.*, 2005; Brum Ferreira *et al.*, 2001). Específicamente, la sucesión altitudinal comprende:

- Desde el pie de la montaña hasta los 800-900 m s. n. m.: hay bosques perennifolios de encina y alcornoque en las laderas SE y SO, y bosques caducifolios de roble en el O, N y NO. También hay bosques de fresnos en los suelos húmedos y largas galerías rupícolas de varias especies.
- Desde los 800–900 m hasta los 1600–1800 m s. n. m.: hay bosques mediterráneos de rebollo y encina en las laderas SE y SO, y bosques atlánticos de roble melojo en las laderas oeste; junto con otras especies perennifolias, cuya degradación ha originado brezales y piornales.
- Desde los 1600–1800 m hasta los 1993 m s. n. m.: se encuentran los piornales y brezales, con enebro; además de turberas, prados de montaña y matorrales de altitud.

En la Sierra de Ayllón hay *Quercus* sp. y *Juniperus communis*, y en las áreas más frías también hay *Fagus sylvatica*. Las áreas situadas a una mayor altitud están dominadas por arbustos como la *Erica* sp., *Calluna* sp., *Cistus* sp. y *Lavandula* sp, y la camada arbórea está compuesta principalmente por el *Pinus* sp. (natural y de repoblación) y el *Quercus pirenaica* (Fernández-Muñoz, 2002; Fidalgo, 1987; López Gómez, 1951). De acuerdo con Rivas Martínez y Rivas Goday (*en* Fidalgo, 1987), la sucesión altitudinal varía entre la vertiente norte y la vertiente sur, a pesar de que las características generales sean comunes. En la vertiente norte se encuentran:

- El complejo climácico *Junipero-Quercetum rotundifoliae*: encinar con enebro y suelos pobres silíceos, cuya degradación provoca *Cisto-Lavandulion pedunculatae* y *Rosmarino-Cistetum ladaniferi*, Ladaníferos con cantueso.
- El complejo climácico *Luzulo-Quercetum Pyrenaica*: melojar caducifolio hasta los 1700 m s. n. m. y asociación natural *Galio rotundifolii-Fagetum* en las zonas más frescas y húmedas, Hayedos.

- El complejo *Junipero-Cytisetum purgantis typicum*: enebro, pinar y piornal.

En la vertiente sur, con un carácter mediterráneo más marcado, se encuentran los mismos complejos climáticos, pero con muy pocos hayedos y con más encinares desarrollados en zonas de mayor altitud. También se encuentra el complejo *Luzulo-Quercetum pyrenaicae*: robledal, hayedo y pinar natural y de repoblación, con estepa brezo y gayuba. Los matorrales subseriales existentes –*Erica spp* y *Calluna vulgaris*, *Cistus laurifolius*, *Cistus ladaniferus*, *Lavandula stoechas ssp. Pedunculata*, y *Genista ssp.*– ocupan una considerable extensión del área (Fidalgo, 1987).

Características culturales, población y actividades

En ambas sierras de estudio, uno de los pilares de su actividad actual es el turismo, sobre todo, debido a la existencia de parques naturales en las dos áreas. En la Serra da Estrela, el turismo y el aprovechamiento forestal son, efectivamente, las actividades que más lucro generan. Esta sierra ha tenido un sector industrial vigoroso, basado en la producción de ganado y lana, aunque actualmente no existe. El turismo está vinculado con el Parque Natural de la Serra da Estrela (PNSE), creado en 1976, y con el Geopark Estrela, cuya asociación (Asociación Geopark Estrela, AGE) se ha creado en el 2016 (<http://www.geoparkestrela.pt/geopark/territorio>). El PNSE se creó inicialmente con 52.000 hectáreas y, actualmente, cuenta con 88.850 hectáreas (D.R. nº83/2007). Además, la Serra da Estrela también cuenta con otras figuras de protección, como Lugar de Interés Comunitario integrante de la Red Natura 2000 (año 2000, 88.291 hectáreas), y zona húmeda de interés internacional por la Convención Ramsar (año 2005, 5.075 hectáreas del altiplano superior de la Sierra y del río Zêzere) (D.R. 2ª série. 19 de novembro, 2015).

En la Sierra de Ayllón, aunque la producción ganadera de carne es menos importante de lo que era históricamente, todavía desempeña un papel económico y social muy importante tras haberse reinventado a menor escala. Es un aprovechamiento ganadero extensivo, haciendo uso de los pastizales de altitud, casi siempre de carácter colectivo, donde prácticamente no existen los prados. El turismo está vinculado al Parque Natural de la Sierra Norte de Guadalajara (cuya primera sección se creó en 1978) y a la Ruta de los Pueblos de la Arquitectura Negra de Guadalajara. La arquitectura negra fue declarada Patrimonio Cultural por la Comunidad Europea en 1992, y el

Hayedo de Tejera Negra (situado dentro del Parque Natural de la Sierra Norte de Guadalajara) fue declarado Patrimonio de la Humanidad en 2017, ambos constituyen un gran atractivo turístico. Aún cabe mencionar que el área pública en las dos sierras es bastante extensa (el 60 % del área total de la Serra da Estrela se encuentra bajo el Régimen Forestal del Estado, y el 50 % del área total de la Sierra de Ayllón se encuentra bajo la figura de Monte de Utilidad Pública) y que la Red Natura 2000 protege casi todo el área (Figura 9).

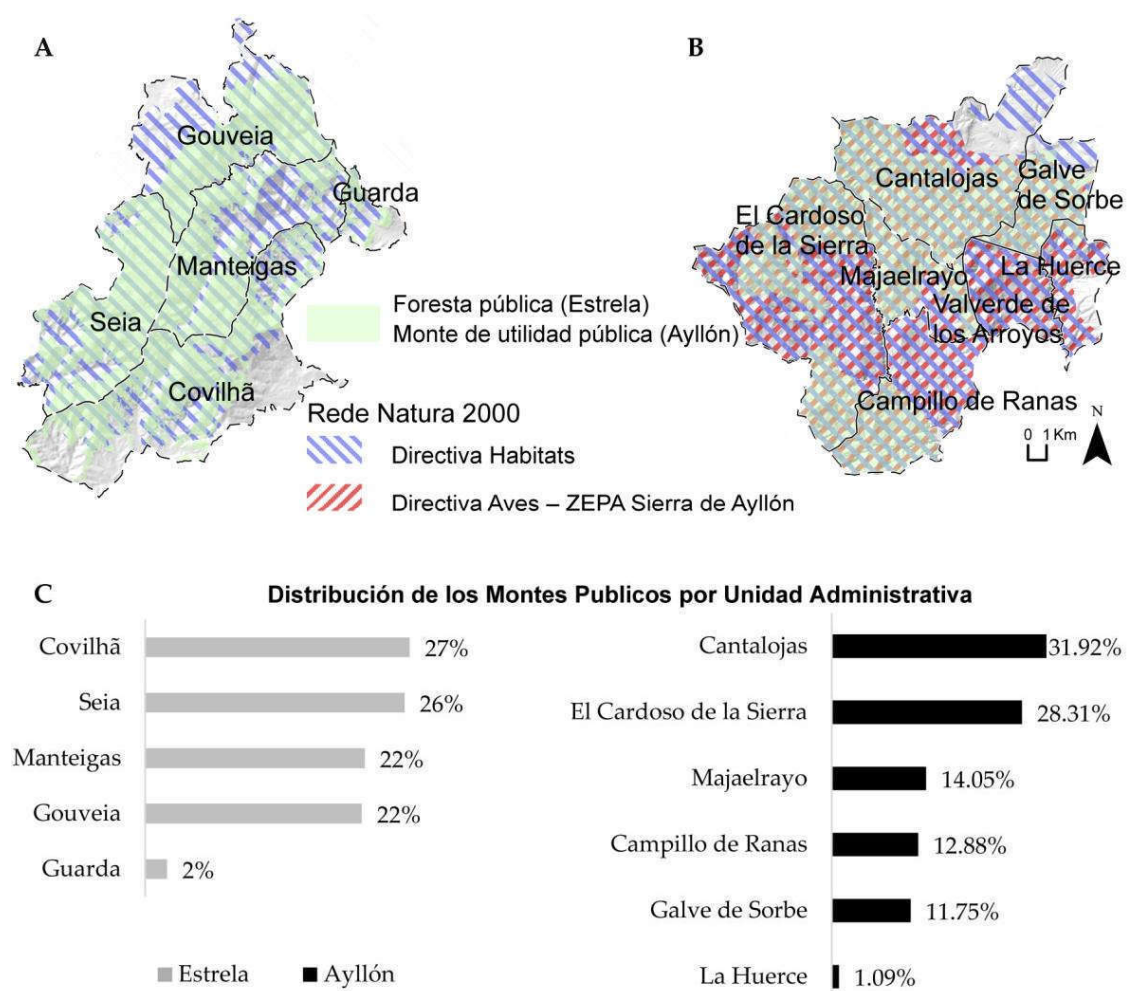


Figura 9. Mapa de área pública (Foresta Publica) y de áreas protegidas Red Natura 2000 en la Serra da Estrela (A); Mapa de área pública (Montes de Utilidad Pública) y de áreas protegidas Red Natura 2000 en la Sierra de Ayllón (B); Distribución porcentual de área pública frente a la área total de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón (C). Fuentes: Floresta Pública Portugal – ICNF, Montes de Utilidad Pública de Guadalajara – Comunidad Autónoma de Castilla La-Mancha).

En ambas sierras hubo una tendencia decreciente muy marcada en el número de habitantes a partir de los años sesenta. Sin embargo, mientras que la población en Estrela

seguía una tendencia creciente antes de esa fecha (INE - Statistics Portugal); en Ayllón hubo siempre una tendencia decreciente suave desde el siglo XIX (INE - Statistics Spain). En general, en los pueblos de granito se sigue un patrón de concentración, con habitaciones a media ladera y pendientes hasta el 25 %. En los pueblos de pizarra, el número de habitantes suele ser inferior, con pendientes muy acentuadas, menos espacio público y más diseminación de las aldeas.

Se trata, por lo tanto, de dos áreas de montaña con bajo número de población y con una productividad económica no demasiado significativa. En estas dos áreas, las repoblaciones a lo largo del tiempo han sufrido un gran impacto en la dimensión social de la zona, ya que, aparte de cambiar el sistema ecológico, han impedido el usufructo de lo que antes eran tierras de uso colectivo como tierras de pasto de los ganaderos, lo que ha contribuido al abandono rural (Fernández-Muñoz, 2002; Fidalgo, 1987; López Gómez, 1951).

4.3.2.2 La escala local: Manteigas, Sorbe y Jarama

Los casos de estudio a escala local se han seleccionado según un criterio de diversidad socioecológica y de evidencia de la presencia de incendios forestales históricos. Las especificidades nacionales y las limitaciones administrativas llevaron a la selección de tres unidades de estudio por medio de diferentes criterios en las dos sierras de estudio seleccionadas a escala de paisaje (Estrela y Ayllón). Para el caso de estudio a escala local en la Serra da Estrela se ha empleado un criterio de delimitación según los perímetros del área pública, i.e., bajo el Régimen Forestal del Estado. Para los dos casos de estudio definidos a escala local en la Sierra de Ayllón se ha utilizado un criterio de delimitación según las unidades de las microcuencas de drenaje. En ambos casos, el municipio ha sido la unidad espacial mínima de análisis. Así, se ha obtenido (**Figura 10**):

METODOLOGÍA

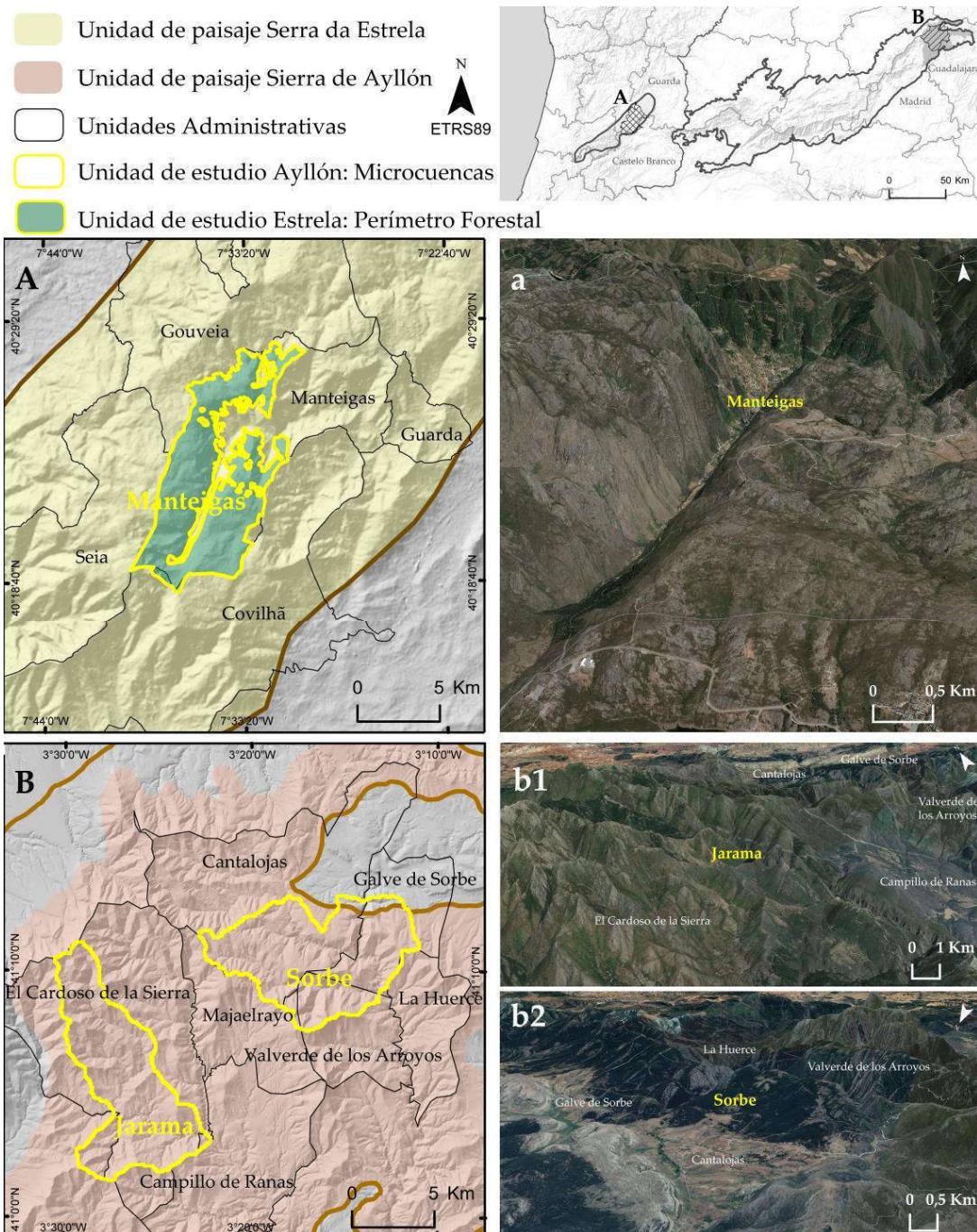


Figura 10. Casos de estudio a escala local. Manteigas (A), y Jarama y Sorbe (B). Vista tridimensional del caso de estudio Manteigas (a), Jarama (b1) y Sorbe (b2). Fuentes: Unidades administrativas (Portugal – DGT, http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/), España – IGN, <http://centrodedescargas.cnig.es>), MDT – ESRI, Mapa Topográfico, Unidades de Paisaje (Portugal – Universidad de Évora, España – Atlas de los paisajes de España, <https://www.miteco.gob.es>), Imagen satélite base de Google Earth (consultado en 16 sept. 2016).

4.3.2.2.1 Caso de estudio a escala local en la Serra da Estrela: "Manteigas"

El monte público que se inserta en este caso de estudio local incluye las cinco áreas de monte público del municipio de Manteigas en el Distrito de Guarda, donde el *Perímetro Forestal de Manteigas* ha sido el pionero en términos de protección y regulación de los montes públicos portugueses, creado en Portugal en 1888. El municipio de Manteigas se presenta como el municipio más interesante de la Serra da Estrela, ya que está dentro de la cuenca del Zêzere, situándose justo en el centro del valle glaciar en forma de "U", y actualmente la mayoría del territorio de este municipio es propiedad pública. Una huella humana significativa en este paisaje provocó ciclos de deforestación, junto con un fuerte impulso en las prácticas agrícolas, lo que culminó en un paisaje no forestal a mediados del siglo XIX (Baptista, 2010; Rego, 2001). A partir de entonces, las políticas se centraron en los planes de repoblación, principalmente para corregir el régimen hidrológico a finales del siglo XIX/inicio del siglo XX (Nicole Devy-Vareta, 2003; Joanaz de Melo, 2017). El paisaje actual de esta área y su diversidad florística son el producto de la interacción a largo plazo entre la agricultura, el pastoreo y el fuego (Connor *et al.*, 2012; Rego, 1992; van der Knaap & van Leeuwen, 1995; Vieira *et al.*, 2005). Los matorrales y los arbustos de transición, con especial énfasis en las especies forrajeras, son los que dominan el territorio (Meneses, Reis, Vale, & Saraiva, 2015).

La población en el municipio de Manteigas nunca superó los 5400 habitantes que vivían en los años cincuenta, y se mantuvo una tendencia decreciente a partir de los años sesenta (INE - Statistics Portugal). Sus asentamientos se establecieron principalmente en altitudes más bajas como medio para explotar la agricultura en sistemas agrícolas de pequeña dimensión –en Manteigas existe una villa principal (Manteigas) con características urbanas y una mayor concentración poblacional, junto con dos aldeas (Sameiro y Vale de Amoreira) con características urbano-rurales, muy dependientes de la villa. En altitudes más altas, la tierra no es tan fértil, ya que es principalmente granítica, y la agricultura se limita a unos pocos cultivos como el centeno y la patata, junto con áreas de pastoreo; en altitudes aún mayores dominan los enebros y los pastizales (Almeida, Nunes, & Figueiredo, 2009). Por esta razón, y por las expuestas con anterioridad de carácter de paisaje cultural y forestal, se le ha elegido como objeto de estudio a escala local.

4.3.2.2.2 Casos de estudio a escala local en la Sierra de Ayllón: "Jarama" y "Sorbe"

Las diferencias en las características socioecológicas del Jarama y del Sorbe hacen que su comparación sea muy interesante de explorar. Sorbe está más al norte y se caracteriza por proporcionar recursos forestales más ricos (Alguacil García, 1985; Bordiú Barreda, 1985). Por su lado, el Jarama presenta áreas menos cultivadas debido a la mayor inclinación de las laderas (Blazquez Díaz, 1987).

- Jarama, constituido por cuatro microcuencas de drenaje: Jarama, Berbellido, De las Canalejas, y Berbellido². Las unidades administrativas municipales que recogen esta área son Campillo de Ranas y El Cardoso de la Sierra.
- Sorbe, constituido por cuatro microcuencas de drenaje: Sorbe, La Dehesa, Sorbe², y Sonsaz. Las unidades administrativas municipales que recogen esta área son Cantalojas, Galve de Sorbe, La Huerce, Majaelrayo, y Valverde de los Arroyos.

Las áreas de Monte de Utilidad Pública (MUP) en ambos casos de estudio son muy importantes por ser muy extensas (**Tabla 5** y **Tabla 6**). El caso de estudio del Sorbe ha tenido un área total superior desde la primera clasificación en el Catálogo de Montes de Utilidad Pública de Guadalajara del año 1859. Sin embargo, la tasa de crecimiento del área total hasta el catálogo actual ha sido muy superior en el caso de estudio del Jarama. Estos MUP se han ordenado, sobre todo, a finales de los cincuenta y principios de los sesenta. Tradicionalmente, en el Sorbe, los MUP se han utilizado para el pastoreo de los ganados de pueblos vecinos, para la obtención de leñas y para las cortas no significativas de pequeñas maderas de *Pinus sylvestris* con el fin de realizar algún arreglo habitacional. El MUP de la Huerce es un ejemplo de una actividad forestal no significativa, no solo por la calidad media de la madera, sino también por su situación aislada en lo referido a sacar los productos destinados a la construcción. Los pastos del Sorbe siempre han sido de disfrute vecinal, pero sin un rendimiento muy elevado, en parte por la dureza del clima en invierno, que obliga a la estabulación de los animales y a la compra externa de pienso para alimentarlos. Sin embargo, el pastoreo ha sido algo abusivo a lo largo del tiempo, lo que ha derivado en una cierta degradación del monte. Aún se recogen leñas y hay cada vez más visitantes por el turismo, principalmente en verano. Del mismo modo, hay bastantes arroyos que dan al Sorbe, lo que también ha producido alguna

erosión y ha contribuido al empobrecimiento del monte a nivel edafológico con la pobreza resultante (Mora Pérez & Franco Mayo, 2015a, 2015b).

En este monte, como en otros, tradicionalmente se adjudicaba el aprovechamiento de pastos a algún vecino rematante a cada año, aunque al final el ganado se repartía prácticamente entre todos los vecinos. Por otro lado, la falta de reglas de aprovechamiento entre los vecinos ha favorecido que las zonas pastoreables hayan ido degradándose por no haber dejado lugar a su regeneración natural. Efectivamente, los datos históricos demuestran que en el siglo XIV había osos en Ayllón, según el Libro de Montería de Alfonso X, lo que parece indicar una abundancia de bosques. No obstante, dos siglos más tarde, en el siglo XVI, parece ser que hubiera habido bastante deforestación, según las Relaciones Topográficas de Felipe II. El proceso desamortizador de la segunda mitad del siglo XVI fue intenso en la provincia de Guadalajara, pero no afectó a la zona de la Sierra de Ayllón. Gómez Mendoza (1967) describió varias dinámicas relacionadas con las zonas afectadas e incluso pudo encontrar una relación entre las zonas con escasez de madera y leñas y la disminución de la población. En el siglo XVIII, según el Catastro de Ensenada, la deforestación era muy evidente y las tierras se habían deforestado para pastoreo y aprovechamiento de leñas. Con respecto a la zona de más al norte del caso de estudio Sorbe, Cantalojas, parece que estaría muy deforestada, ya que no se refiere el Hayedo. En Galve de Sorbe aún habría algo de monte de *Pinus* sp para madera, lo que implicaba bastante negocio maderero, además del monte de *Quercus* sp., e incluso el brezo, aprovechado para carbón. En el Cardoso de la Sierra también se menciona el *Quercus* sp, los jarales y los brezales, que se habrían conservado por su difícil acceso y por no ser interesantes para cortar, así como las dehesas boyales que el ganado ha mantenido a lo largo del tiempo. En el siglo XIX, según el Diccionario de Madoz, los pinares se mantenían en esta misma zona norte del Sorbe y bien poblados; en Campillo de Ranas se mencionan los robles, los jarales y las estepas; en La Huerce, las encinas en rodales y el brezo. Por otro lado, Majaelrayo presentaría abundantes pinares, robledales, y estepas; Valverde de los Arroyos, los montes de roble. El Cardoso de la Sierra se ha deteriorado con respecto a la situación reportada anteriormente. La tendencia resultante es un descenso de área de encinas debido, en parte, a la desamortización, pues se talaban los árboles debido a la compra por parte de

particulares. Entre 1869 y 1877, se vendieron en la zona del Sorbe muchos baldíos, aunque los ayuntamientos a veces hayan intentado evocar la necesidad de poseer dehesas boyales bajo su pertenencia (Gómez Mendoza, 1967; Morcillo San Juan, 1997).

Concelho	Freguesia	Antes da submissão ao Regime Florestal		Submissão ao Regime Florestal				Tipo
		Nome	Proprietário	Data	Nome	Área (ha)	Proprietário	
Manteigas	São Pedro e Santa Maria	Baldíos de Manteigas	C.M. Manteigas	1888	Perímetro Florestal de Manteigas	7014	Estado	Regime Florestal Total
	São Pedro e Santa Maria	Terrenos camarários e particulares, incluindo as nascentes do rio Zêzere e afluentes	C.M. Manteigas e Particulares	1914	Perímetro Florestal da Serra da Estrela – Polígono das Nascentes do Zêzere	3150	Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial
	Sameiro	Baldíos paroquiais	Junta de Freguesia do Sameiro	1915	Perímetro Florestal do Sameiro – Manteigas	338	Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial
	São Pedro e Santa Maria	Baldíos de Manteigas	C.M. Manteigas	1905	Mata da Carvalheira e Mata do Souto do Concelho	135	Ayto. Manteigas	Regime Florestal Parcial
Guarda	Vale da Amoreira e Valhelhas	Baldíos paroquiais e terrenos particulares	Paróquia de Valhelhas e particulares	1916	Perímetro Florestal de Valhelhas	1770	Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial
	Videmonte, Famalicão, Fernão Joanes, Aldeia do Bispo, Vale da Estrela, Trinta, Meios, Vila Soeiro, Mizarela, Pêro	Baldíos das freguesias	Junta de Freguesia	1964	Perímetro Florestal da Serra da Estrela – Núcleo da Guarda	3145	Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial Obrigatório

Tabla 5. Montes del Estado bajo Régimen Forestal situados en la Serra da Estrela y sus características desde 1888 hasta la actualidad.

Fuente: Elaboración propia a partir de Germano, 2000.

Gouveia	Aleias, Mangualde da Serra, São Pedro e São Julião, Folgoso, Teixeira, Alvoco da Serra, Loriga, Cabeça, Sazes da Beira, Valezim, São Romão, Sabugueiro	Baldios da Câmara, Baldios das Freguesias, e Incultos particulares	C.M. Gouveia e Juntas de Freguesia	1958	Perímetro Florestal da Serra da Estrela – Núcleo de Gouveia e Seia	20500	Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial
	Vide	Baldios da freguesia (Malhada Grande e Fonte Covão)	Junta de Freguesia de Vide	1963	Perímetro Florestal da Serra da Estrela – Núcleo de Seia ou Vide	200	Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial
Covilha	Erada	Baldios paroquiais e Incultos particulares	Junta de Freguesia de Erada	1962	Perímetro Florestal da Serra da Estrela – Núcleo de Erada	1500	Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial Obrigatório
	Cortes do Meio	Baldios da freguesia	Junta de Freguesia de Cortes do Meio	1964	Perímetro Florestal da Serra da Estrela – Núcleo de Cortes do Meio	2700	Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial Obrigatório
	Unhais da Serra	Baldios da freguesia	Junta de Freguesia de Unhais da Serra	1962	Perímetro Florestal da Serra da Estrela – Núcleo de Unhais da Serra	1950	Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial Obrigatório
	Covilhã e Canhoso	Particular	Particulares	1934	Perímetro Florestal da Covilhã		Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial e Total

Tabla 5. Montes del Estado bajo Régimen Forestal situados en la Serra da Estrela y sus características desde 1888 hasta la actualidad (cont.)

Covilha	Aldeia do Carvalho	Baldios da Freguesia (Covão do Teixo)	Junta de Freguesia de Aldeia do Carvalho	1964	Perímetro Florestal de Aldeia do Carvalho	625	Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial Obrigatório
	Verdelhos	Baldios da Freguesia (excepto Souto do Concelho)	Junta de Freguesia de Verdelhos	1961	Perímetro Florestal da Serra da Estrela – Núcleo de Verdelhos	1540	Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial
	Aldeia do Mato, Aldeia do Souto	Baldios da freguesia	Junta de Freguesia Aldeia do Mato e Aldeia do Souto	1940	Perímetro Florestal do Carvalhal	50	Estado, desde 1997 bajo la DRABI	Regime Florestal Parcial
Total						44617		

Tabla 5. Montes del Estado bajo Régimen Forestal situados en la Serra da Estrela y sus características desde 1888 hasta la actualidad (cont.)

Término municipal	Clasificación MUP 1859			Clasificación MUP 1862			Clasificación MUP 1901			Clasificación actual MUP 1970		
	Nombre del MUP	Area	Pertenencia	Nombre del MUP	Area	Pertenencia	Nombre del MUP	Area	Pertenencia	Nombre del MUP	Area	Pertenencia
Cantalojas	Valdía de Majada la Sierra	292	P. Cantalojas									
	Pinar, Dehesa de la Hoz y Dehesilla	3794		Nº 10: Pinar, Dehesa de la Hoz y Dehesilla	2200	P. Cantalojas	Nº 14: Pinar, Dehesa de la Hoz y Dehesilla	2579	P. Cantalojas	Nº 14: Pinar, Dehesa de la Hoz y Dehesilla	2491	Ayto. Cantalojas
	Dehesa del Retamar	69		Nº 8: Dehesa del Retamar	69		Nº 13: Dehesa del Retamar	119		Nº 13: Dehesa del Retamar	147	
				Nº 9: Monte Robledal de La Sierra	1700	Nº 15: Monte Robledal de La Sierra	1700	Nº 15: Monte Robledal de La Sierra	3635			

Tabla 6. Montes de Utilidad Pública situados en la Sierra de Ayllón y sus características desde 1859 hasta la actualidad.
Fuente: Elaboración propia a partir de Exposición Universal de Barcelona, 1888; Gobierno de Castilla-La Mancha, 2015.

Cantalajas	Dehesa	130	P. de Galve de Sorbe	Nº 15: Monte Pinar y Dehesa	1140	P. de Galve de Sorbe	Nº 23: Monte Pinar y Dehesa	2012	P. de Galve de Sorbe	Nº 38: Valdeayllón, Carragalve, Cabezueta y Enebrales de Pedro de Tebas	1065	Ayto. Galve de Sorbe
		1010										
Galve de Sorbe	Monte Pinar	193	P. de Galve de Sorbe	Nº 19: Monte Pinar	19	P. Valdepinillos	Nº 27: Monte Pinar	120	P. Valdepinillos	Nº 27: Monte y Pinar	330	ELM Valdepinillos
		13										
	Dehesa Carrascal	99	P. La Huerce									
	Mata del Viejo	1	P. Valdepinillos									
La Huerce	Dehesa Carrascal	99	P. La Huerce									
		1		P. Valdepinillos								

Tabla 6. Montes de Utilidad Pública situados en la Sierra de Ayllón y sus características desde 1859 hasta la actual (cont.).

Valverde de los Arroyos				
Dehesa Bulejo y Cerro	66	P. Valverde de los Arroyos		
Matorral	5			
Umbría y Solana de Robledo	62			
Rincón	12	P. Zarzuela de Galve		
Umbría Gorda	19			

Tabla 6. Montes de Utilidad Pública situados en la Sierra de Ayllón y sus características desde 1859 hasta la actual (cont.).

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

En esta tesis se han considerado fundamentalmente tres asuntos –la historia del fuego, el uso y la cubierta del suelo, y la población, la gestión del espacio forestal y la meteorología– y se han utilizado tres tipos de recursos para su reconstrucción en las áreas de estudio: las fuentes geohistóricas, los datos espaciales, y los datos estadísticos. A continuación, se especifican los asuntos elegidos y los recursos empleados.

4.4.1 Historia del fuego

La historia del fuego se ha reconstruido a través de las fuentes geohistóricas y de los datos estadísticos oficiales (que comenzaron extrayéndose a nivel municipal en los años ochenta), usando los siguientes parámetros: frecuencia, área ardida, causa del incendio, y patrón espacial de distribución. En total, se ha reconstruido la historia del fuego desde la segunda mitad del siglo XVIII hasta 2015.

4.4.1.1 Fuentes geohistóricas – fuentes documentales históricas

Dentro de las fuentes geohistóricas y, de acuerdo con la línea definida por el Grupo de Investigación UCM “Geografía Política y Socioeconomía Forestal”, se han explorado las fuentes documentales y cartográficas. Estas fuentes son complementarias entre sí, abajo se puntualizan las fuentes documentales históricas que se han utilizado para esta tesis (si desea observar la lista completa, véanse las [Fuentes Documentales](#) en el capítulo 8):

- Registros administrativos, como las actas municipales, los registros de subastas, y otros documentos de carácter forestal. Estos constituyen el registro de las actividades de los municipios, y se encuentran tanto en la Administración Forestal, como en la Administración Local en ambos países. En ellos, se encuentra la información sobre los incendios y sus características, así como las características socioeconómicas de las comunidades locales (**Figura Anexo 1, Figura Anexo 2, Figura Anexo 3, Figura Anexo 4**).
- Documentos judiciales, como registros de denuncias, procesos judiciales, informes policiales y registros de multas aplicadas. Este tipo de registros, además de permitir la reconstrucción histórica del registro de incendios, permite evaluar el tipo de conflictos que han existido a nivel local, junto con la preocupación relacionada con

el uso del fuego (p. ej., otros estudios han demostrado la importante preocupación de la Corona con las propiedades del fuego, utilizadas para el ocio y la caza (García, 2013)) (**Figura Anexo 5**).

- Documentos de información a la comunidad, como algunos periódicos y los boletines oficiales. Estos documentos proporcionan información interesante, particularmente sobre la gestión del espacio forestal, y han sido muy útiles para la reconstrucción de los registros históricos del fuego (**Figura Anexo 6, Figura Anexo 7**).

Estos documentos, que constituyen las fuentes documentales históricas, se han recogido en cuatro tipos de archivos, los cuales han facilitado información con diferentes características. La **Tabla 7** describe los tipos de archivos consultados para recopilar las fuentes documentales, así como el tipo de información que se ha encontrado en cada uno de ellos. Los tipos de archivos consultados han sido los siguientes: archivos históricos, en los que se incluyen los archivos nacionales, los distritales (en Portugal) y los provinciales (en España); archivos de los servicios forestales portugueses y españoles, archivos municipales, de los municipios de estudio, y bibliotecas (físicas y hemeroteca). En efecto, las fuentes documentales anteriormente descritas han constituido la base para completar el registro histórico de incendios forestales en ambas sierras de estudio.

Tabla 7. Materiales usados - Fuentes geohistóricas, tipos de archivos consultados y tipo de información obtenida.

		Tipo de archivos			
		Histórico	Servicios Forestales	Municipal	Bibliotecas
Portugal	Archivos	- Archivo Nacional de la Torre do Tombo	- Archivo del Ministerio de Agricultura - Archivo del ICNF	- Archivo Municipal de Manteigas	- Biblioteca Nacional de Portugal - Biblioteca de la Universidad de Lisboa - Hemeroteca de Lisboa
	Tipo de información	- Información relacionada con el municipio	- Eventos de incendios rurales - Gestión del espacio forestal	- Uso del fuego y eventos de incendios rurales - Actas municipales - Documentos de subasta de productos forestales - Otros documentos de gestión del espacio forestal	- Eventos de incendios rurales - Gestión del espacio forestal

METODOLOGÍA

España	Archivos	<ul style="list-style-type: none"> - Archivo Histórico Nacional - Archivo Histórico Provincial de Guadalajara - Archivo de la Diputación Provincial de Guadalajara - Archivo Histórico de la Guardia Civil 	<ul style="list-style-type: none"> - Ministerio de Agricultura 	<ul style="list-style-type: none"> - Archivo Municipal de: <ul style="list-style-type: none"> - Cantalojas - Galve de Sorbe - La Huerce - Valverde de los Arroyos - Majaelrayo - El Cardoso de la Sierra - Campillo de Ranas 	<ul style="list-style-type: none"> - Biblioteca Nacional de España - Hemeroteca
	Tipo de información	<ul style="list-style-type: none"> - Uso del fuego - Legislación sobre el fuego - Eventos de incendios rurales 	<ul style="list-style-type: none"> - Eventos de incendios rurales - Gestión del espacio forestal - Planos de ordenación de los montes de utilidad pública 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso del fuego y eventos de incendios rurales - Actas municipales - Documentos de subasta de productos forestales - Otros documentos de gestión del espacio forestal 	<ul style="list-style-type: none"> - Eventos de incendios rurales

Para estas sierras, los recursos más importantes han sido las fuentes administrativas (más del 50 % de los registros encontrados en cada una). Las fuentes hemerográficas representaron el ~20 % de los registros encontrados y, en la Sierra de Ayllón, las fuentes policiales y judiciales también han representado más del 10 % de los registros de incendio encontrados (**Figura 11**).

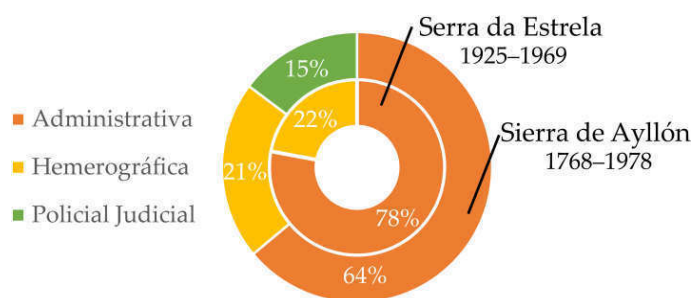


Figura 11. Tipos de fuentes más fructíferas para la reconstrucción del registro histórico de incendios en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón.

4.4.1.2 Base de datos de incendios rurales históricos

El registro histórico de incendios forestales (FHD) es una base de datos en Access, del grupo de investigación “Geografía, Política y Socioeconomía Forestal” de la Universidad Complutense de Madrid. Está realizada según la estructura de la base de datos estadística de incendios forestales española. La FHD posee alrededor de 60 campos de información, comprendiendo los datos sobre las características del evento (el ID único con sus coordenadas XY y el nivel de precisión de geolocalización, la fecha del evento, el sitio de inicio, duración, el área ardiada original y en hectáreas), así como las características territoriales (el carácter de la propiedad, las pérdidas económicas y materiales, y la vegetación afectada), el contexto (las causas del incendio, y las personas y los medios que han participado en la extinción), y las fuentes de información utilizadas (las fuentes, los archivos y la persona que ha recogido la información). Se ha completado la FHD con 61 registros históricos de incendio en la Sierra de Ayllón, desde 1768 hasta 1982 (15 registros sobre el Jarama y 46 registros sobre el Sorbe). Todos estos incendios se han georreferenciado con un nivel de precisión variado (desde un nivel municipal hasta un nivel de punto específico) de acuerdo con la precisión de la fuente histórica. La información estadística de la base de datos de incendios oficial española se ha utilizado para actualizar la FHD hasta 1982. Para la Serra da Estrela, se ha añadido este ámbito territorial a la FHD y se han introducido 83 registros desde 1925 hasta 1979, 34 de los cuales se sitúan en Manteigas.

Particularmente, la FHD cuenta con las siguientes características relativas a los datos de la Serra da Estrela y la Sierra de Ayllón (**Tabla 8**).

Tabla 8. Características de la FHD para la Serra da Estrela y para la Sierra de Ayllón.

	Serra da Estrela	Sierra de Ayllón
Fechas limite	1925–1979	1768–1982
Registros con indicación del día	78%	43%
Registros con indicación del mes	81%	75%
Registros con indicación del año	100%	100%
Registros con indicación del area	83%	40%
Registros con indicación de causa	52%	20%
Registros con indicación de pérdidas	73%	61%
Registros con indicación de la cubierta	61%	39%
Registros con indicación de personas de extinción	49%	21%
Registros con indicación de la duración	40%	15%

4.4.1.3 Definición de una leyenda de los parámetros de incendio

Se ha definido una leyenda de las causas de incendio, basada en la clasificación básica de los tipos de fuentes ignición de Ganteaume & Syphard (2018), la cual se ha aplicado a las bases de datos estadísticas oficiales de acuerdo con la **Tabla 9**.

Tabla 9. Leyenda de causas de incendio definida para la investigación.

Leyenda Causas	Leyenda IF-ICNF	Leyenda EGIF
<i>Negligence/accidental/other</i>	Fumadores Fogueira Tiro de Pedreira Inadvertido	Fumadores Acidental
<i>Natural/lightning</i>	Raio	Rayo
<i>Intentional/larson</i>	Malvadez Incendiários Fogo posto	Intencionado
<i>Burning for pastures renewal/agricultural/forest activities</i>	Quemadas Pastores	Quema agrícola (Quema agrícola, Quema de basura, Quema regeneración de pastos, Trabajos forestales, Escape de vertadero, Otras negligencias)
<i>Rekindle</i>	Reacendimento	Re-encendido
<i>Unknown/No info</i>	Desconhecida Sem informação	Desconocida Sin información

Asimismo, se ha definido la siguiente clasificación del tamaño de los incendios:

- *Very small*. Menor que 1 hectárea
- *Small*. Entre 1 hectárea y 15 hectáreas
- *Medium*. Entre 15 hectáreas y 100 hectáreas
- *Large*. Entre 100 hectáreas y 500 hectáreas
- *Very large*. Más grande que 500 hectáreas

Por último, se ha definido una relación entre los materiales ardiados y su área correspondiente en hectáreas, basada en los modelos de silvicultura establecidos en Louro, Marques & Salinas (2002). De ese modo, puede atribuirse una clasificación del tamaño de los incendios históricos que no presentan un registro de área ardiada, pero que, sin embargo, presentan pérdidas de material ardiado. Entonces, se ha considerado

la siguiente relación para poblamientos de roble con 60 años y para poblamientos de pino con 40–45 años:

- *Pino*. 1 hectare equivale a 500 pies de pino
- *Roble*. 1 hectare equivale a 200 pies de roble

4.4.2 Uso y cubierta del suelo (LULC)

Este asunto permite comprender la estructura del combustible a lo largo del tiempo. Las fuentes principales para su reconstrucción han sido las fuentes geohistóricas y las fuentes espaciales. En este caso, las cartografías que presentan las mismas características (como en los cuatro inventarios CORINE Land Cover y en los tres Inventarios Forestales Nacionales en ambos países), han permitido un análisis multitemporal del LULC por superposición como se ha realizado en otros estudios en la bibliografía (Almeida *et al.*, 2009; Caetano, Carrão, & Painho, 2005; Meneses & Vale, 2018). En los demás casos, i.e., en aquellos cuyos productos no presentan las mismas características (p. ej., los Mapas Agrícolas y Forestales en Portugal y las Planimetrías en España), no se pueden superponer para evaluar sus cambios. No obstante, ha sido posible reconstruir una visión general de la distribución del mosaico de LULC a lo largo del tiempo. Reuniendo estos materiales, se ha podido reconstruir el LULC desde finales del siglo XIX/inicios del siglo XX hasta 2012.

4.4.2.1 Cartografía histórica

La cartografía histórica que se ha utilizado se refiere a los Mapas históricos de LULC, tales como los mapas agrícolas y forestales de Portugal de principios y mediados del siglo XX, el mapa de repoblaciones de finales del siglo XX de la Serra da Estrela, el mapa de las planimetrías de finales del siglo XIX de la Sierra de Ayllón, el ortofotomapa de mediados del siglo XX y los mapas forestales de España desde mediados del siglo XX. Sus características se detallan en la **Tabla 10**. Dicha cartografía presenta características y formatos diferentes, y ha sufrido un proceso de homogeneización para que pudiera utilizarse en la investigación.

Tabla 10. Materiales usados – Cartografía histórica y sus características.

	Cartografía histórica y sus características	Fuentes
Portugal	- Mapa de Repoblaciones de Manteigas Formato: Papel Fecha: 1917 Acrónimo: MRM-PT1917 Escala: 1:5 000 Clasificación: 1889–1917 (fecha de repoblación)	Parque Natural da Serra da Estrela – Instituto da Conservação da Natureza e Florestas (ICNF). No disponible en línea.
	- Mapa Agrícola y Forestal de Portugal Formato: Vectorial (polígono) Fecha: 1882–1907 Fecha de referencia: 1910 Acrónimo: AFM-PT1910 Escala: 1:500 000 Clasificación: 6 categorías temáticas	Centro de Ecología Aplicada ‘Prof. Baeta Neves’ (CEABN) – Universidad de Lisboa. No disponible en línea.
	- Mapa Agrícola y Forestal de Portugal Formato: Vectorial (polígono) Fecha: 1968–1980 Fecha de referencia: 1974 Acrónimo: AFM-PT1974 Escala: 1:250 000 Clasificación: 13 categorías temáticas	
	- Mapa Agrícola y Forestal de Portugal Formato: Vectorial (polígono) Fecha: 1963–1980 Fecha de referencia: 1972 Acrónimo: AFM-PT1972 Escala: 1:25 000 Clasificación: 13 categorías temáticas	
	- Mapa forestal del Segundo Inventario Forestal Nacional Portugués Formato: Vectorial (polígono) Fecha: 1965–1978 Fecha de referencia: 1972 Acrónimo: NFI-PT1972 Escala: 1:25 000 Unidad cartográfica mínima: 2 ha Clasificación: ~15 categorías forestales	
- Planimetrías Formato: Raster Fecha: 1895 y 1897 Acrónimo: PLA-SP1896 Escala: 1:25 000		
España	- Ortofoto mapa Formato: Raster Fecha: 1956 y 1957 Acrónimo: OFM-SP1956 Escala: 1:32 000	Instituto Geográfico Nacional de España (IGN) http://centrodedescargas.cnig.es/
	- Mapa forestal del Primer Inventario Forestal Nacional Español Formato: Vectorial (polígono) Fecha: 1967–1974	Ministerio de Agricultura de España y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA)

	<p>Fecha de referencia: 1971 Acrónimo: NFI-SP1971 Escala: 1:400 000 Clasificación: 30 categorías forestales</p>	<p>https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/inventario-forestal-nacional/default.aspx</p>
<p>- Mapa forestal del Segundo Inventario Forestal Nacional Español Formato: Vectorial (polígono) Fecha: 1986–1995 Fecha de referencia: 1991 Acrónimo: NFI-SP1991 Escala: 1:200 000 Clasificación: > 100 categorías forestales</p>		
<p>- Mapa forestal del Tercer Inventario Forestal Nacional Español Formato: Vectorial (polígono) Fecha: 1997–2007 Fecha de referencia: 2002 Acrónimo: NFI-SP2002 Escala: 1:50 000 Clasificación: > 100 categorías forestales</p>		

4.4.2.1.1 Conversión de la cartografía histórica de LULC a un formato vectorial (polígono)

El objetivo ha sido transformar la variada cartografía histórica a un formato vectorial para poder integrarse en Sistemas de Información Geográfica (SIG). La aplicación usada ha sido SIG ArcMap (ESRI 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute).

Serra da Estrela:

- *Mapa de repoblaciones de Manteigas:* Estos mapas en formato raster (**Figura Anexo 8**) se han digitalizado y georreferenciado con recurso al SIG ArcMap. Posteriormente, se han vectorizado manualmente los polígonos y se ha atribuido una codificación de acuerdo con la leyenda definida por LULC. Las áreas en las que no existían polígonos se han completado con información del Mapa Agrícola y Forestal de Portugal de 1910 (AFM-PT1910), por ser la cartografía que presenta una fecha más próxima. De esta forma, se ha obtenido una capa de polígonos con información de LULC para todo el caso de estudio de Manteigas en los inicios del siglo XX.
- *Mapa forestal correspondiente al segundo inventario forestal de Portugal (NFI-PT1972) y Mapa agrícola y Forestal de Portugal 1972 (AFM-PT1972):* El mapa forestal original apenas contiene usos forestales, y los polígonos no forestales no están clasificados. Sin embargo, este NFI también se ha utilizado en esta investigación como un mapa

de LULC, porque este mapa ya ha sido facultado por el CEABN en la misma versión vectorial que a todos los polígonos no clasificados se les ha atribuido la clasificación de LULC del Mapa agrícola y Forestal del mismo año de referencia (AFM-PT1972). En, Manteigas, el 83 % del área total se refiere a la información del NFI-PT1972, y el 17 % se refiere a la AFM-PT1972 (**Figura Anexo 9**). De esta forma, se ha obtenido un *shapefile* de polígonos de todo el caso de estudio de Manteigas con la información de LULC a mediados del siglo XX.

Sierra de Ayllón:

- *Planimetrías 1895–1897 (PLA-SP1896)*: se han vectorizado manualmente los polígonos en SIG ArcMap y se han codificado de acuerdo con la leyenda de LULC definida (**Figura Anexo 10**). Así, se ha obtenido una capa de polígonos con la información de LULC sobre finales del siglo XIX.
- *Ortofotomapa 1956 (OFM-SP1956)*: se han fotointerpretado, vectorizado y codificado los polígonos de acuerdo con la leyenda definida por LULC (**Figura Anexo 11**). De esta forma, se ha obtenido una capa de polígonos con información de LULC sobre mediados del siglo XX.

4.4.2.1.2 Conversión de los documentos históricos de aprovechamientos forestales a un formato excel y homogeneización de la información

El objetivo ha sido transformar las fuentes histórico documentales tan variadas a un formato en el que pudiera analizarse la información de los aprovechamientos forestales, teniendo en cuenta la fragmentación y la discontinuidad de las fuentes. Para ello, se han creado tablas de Excel (una para cada sierra) con múltiples campos de información, relativos a las características del sitio que pretendía aprovecharse, a las características de aprovechamiento, su naturaleza y valor, junto con las características de las fuentes de información utilizadas (**Figura Anexo 13, Figura Anexo 14**). La tabla de la Serra da Estrela contiene 468 registros de aprovechamientos en las fechas 1811–1976. La tabla de la Sierra de Ayllón contiene 2123 registros de aprovechamientos en las fechas 1835–1944.

Buscando la comparación entre las sierras, se ha definido una leyenda de aprovechamientos forestales de tres categorías de aprovechamiento –*Grazing, Timber and*

fuel wood y *Other*-, y se ha adaptado a las fuentes históricas documentales. *Grazing* se refiere al aprovechamiento de pastos, *Timber and fuel wood* se refiere a los aprovechamientos maderables y de leñas, y *Other* incluye los diversos tipos de aprovechamientos, tales como el carbón, la arena, etc.

En cuanto a los aprovechamientos de pastos, las fuentes históricas documentales presentaron una disparidad de clasificación que hacía difícil la comparación. Por una cuestión de homogeneización, se han considerado las clases más importantes en las dos sierras – *Cows*, *Sheep* y *Goats*.

4.4.2.2 Cartografía reciente

Los datos espaciales que se han utilizado comprenden el modelo digital de la superficie del terreno (MDT) con un detalle equivalente entre los dos países, la cartografía de LULC, que cubre el periodo temporal representativo (1990, 2000, 2006 y 2012), los Inventarios Forestales Nacionales de Portugal de 1995 y 2005 en formato malla de puntos y las Unidades de Paisaje de Portugal y de España (**Tabla 11**).

Tabla 11. Materiales usados – Datos espaciales y sus características.

	Datos espaciales	Fuentes
Portugal	- Modelo Digital del Terreno (MDT) de Portugal Formato: GeoTIFF Fecha: 2009 Resolución: 30 m	Environmental Systems Research Institute, Portugal (ESRI-PT) www.arcgis.com/home/user.html?user=ESRI-PT
	- Unidades de paisaje de Portugal Formato: Vectorial Fecha: 1999–2002 Escala: 1:250 000	Universidad de Évora. No disponible en línea.
	- Mapa de los Perímetros Forestales (Régimen forestal) Formato: Vectorial Fecha: 2017	ICNF No disponible en línea.
	- Cuarto Inventario Forestal Nacional de Portugal Formato: Vectorial (malla de puntos) Fecha: 1990–2001 Fecha de referencia: 1995 Acrónimo: NFI-PT1995 Distancia entre puntos: ~700-750 m	CEABN – Universidad de Lisboa. No disponible en línea.
	- Quinto Inventario Forestal Nacional de Portugal Formato: Vectorial (malla de puntos) Fecha: 2004–2007 Fecha de referencia: 2005 Acrónimo: NFI-PT2005 Distancia entre puntos: 500 m	

METODOLOGÍA

Portugal y España	CORINE Land Cover	- Mapa CORINE Land Cover 1990 Formato: Vectorial Fecha: 1986–1998 Acrónimo: CLC1990 Escala: 1:100 000 UMC: 25 ha Precisión: 100 m Clasificación: 44 categorías temáticas	European Union's Earth Observation Programme - Copernicus Land Cover Products https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-landcover Coordinado por la Agencia Europea del Ambiente https://www.eea.europa.eu
		- Mapa CORINE Land Cover 2000 Formato: Vectorial Fecha: 1999–2001 Acrónimo: CLC2000 Escala: 1:100 000 UMC: 25 ha Precisión: > 100 m Clasificación: 44 categorías temáticas	
		- Mapa CORINE Land Cover 2006 Formato: Vectorial Fecha: 2005–2007 Acrónimo: CLC2006 Escala: 1:100 000 UMC: 25 ha Precisión: > 100 m Clasificación: 44 categorías temáticas	
		- Mapa CORINE Land Cover 2012 Formato: Vectorial Fecha: 2011–2012 Acrónimo: CLC2012 Escala: 1:100 000 UMC: 25 ha Precisión: > 100 m Clasificación: 44 categorías temáticas	
España	- Modelo Digital del Terreno (MDT) de España Formato: ASCII Fecha: 2012, actualizado en 2017 Resolución: 25 m	IGN http://centrodedescargas.cnig.es/	
	- Unidades de paisaje de España Formato: Vectorial Fecha: 2004 Escala: 1 000 000	Ministerio de la Transición Ecológica www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/Paisajes.aspx	
	- Mapa de los Montes de Utilidad Pública de la Provincia de Guadalajara Formato: Vectorial Fecha: 2008 Acrónimo: MUP Guadalajara Escala: 1: 50 000	MAPAMA http://wms.mapama.es/sig/Biodiversidad/PropiedadMontes_UP/wms.aspx	

4.4.2.3 Definición de una leyenda de LULC común

Se ha definido una leyenda de cuatro niveles de LULC para la investigación de esta tesis. Los niveles están relacionados con la potencialidad de la cartografía. Al tratarse de cartografía histórica, además producida por dos países distintos, presenta características y nomenclaturas diferentes. Con el objetivo primordial de comparar los dos extremos del Sistema Central, se han definido estos tres niveles de leyenda de LULC para aplicarse de acuerdo con las necesidades de investigación.

El nivel I de la leyenda de LULC posee cuatro clases: *Forestry, including agroforestry, Agricultural land, Shrubland and Pastures, y Other (Not classified)*. El nivel II de la leyenda está formado por seis clases de LULC: *Forest, Agriculture and Agroforestry, Shrubland, Pastures, Artificial surfaces, y Water bodies*. El nivel III posee seis clases de LULC: *Forest, Agroforestry, Agricultural áreas, Shrublands, Pastures, y Other (Not classified)*. El cuarto nivel, que se centra en la composición forestal (FC), consta de seis clases de LULC: *Pinus sp., Other conifers, Quercus sp., Other broadleaved + Mixed forest, Shrubland, y Other*. Los cuatro niveles se relacionan de acuerdo con la **Tabla 12**.

Tabla 12. Leyenda de LULC de cuatro niveles definida para la investigación. El nivel IV se refiere a la leyenda específica definida para el análisis de la composición forestal (FC).

Leyenda Nivel I	Leyenda Nivel II	Leyenda Nivel III	Leyenda Nivel IV (FC)
Forestry, including agroforestry	Forest	Forest	<i>Pinus sp.</i>
			Other conifers
			<i>Quercus sp.</i>
			Other broadleaved + Mixed forest
Agricultural land	Agriculture and Agroforestry	Agroforestry	Other
		Agricultural areas	
Shrubland and Pastures	Shrubland	Shrublands	Shrubland
	Pastures	Pastures	Other
Other (Not classified)	Artificial surfaces	Other (Not classified)	
	Water bodies		

Toda la cartografía de LULC utilizada se ha reclasificado de acuerdo con los niveles de la leyenda definida para la investigación y de acuerdo con los objetivos de utilización en la investigación.

- *Mapas Agrícola y Forestal (AFM-PT1910, AFM-PT1972, y AFM-PT1974) y Mapa del NFI-PT1972*: se han facultado, una vez reclasificados desde la leyenda original. El área que empleada estaba clasificada en siete clases (*Agriculture, Forest, Agroforestry,*

Pastures, Natural grasslands, Shrublands, y Other), que se han reclasificado de acuerdo con la **Tabla 13**.

Tabla 13. Nomenclatura de los Mapas Agrícola y Forestal de 1910, 1972, y 1974 (AFM-PT) y del mapa del Inventario Forestal de Portugal 1972 (NFI-PT1972), y su reclasificación según la leyenda de investigación en dos niveles.

Nomenclatura mapa de los AFM-PT y del NFI-PT1972	Leyenda Nivel I	Leyenda Nivel II
Agriculture	Agricultural land	Agriculture and
Agroforestry	Forest, including	Agroforestry
Forest	Agroforestry	Forest
Pastures	Shrublands and Pastures	Pastures
Natural grasslands		Shrubland
Shrublands		
Other	Other (Not classified)	Artificial surfaces

Fuente de la nomenclatura de los AFM-PT y del NFI-PT1972: CEABN. No disponible en línea.

- *Inventario CORINE Land Cover (CLC)*: esta cartografía, con varios años de referencia (**Tabla 11**), está clasificada en 44 categorías temáticas, de las cuales 25 están presentes en las dos sierras. Estas 25 categorías se han reclasificado de acuerdo con la (**Tabla 14**).

Tabla 14. Nomenclatura del CORINE Land Cover (CLC), y su reclasificación según la leyenda de investigación en tres niveles.

Código CLC	Nomenclatura CLC	Leyenda Nivel I	Leyenda Nivel II	Leyenda Nivel III
111	Continuous urban fabric	Other (Not classified)	Artificial surfaces	Other (Not classified)
112	Discontinuous urban fabric			
121	Industrial or commercial units			
124	Airports			
133	Construction sites			
142	Sport and leisure facilities			
211	Non-irrigated arable land	Agricultural land	Agriculture and agroforestry	Agricultural areas
212	Permanently irrigated land			
221	Vineyards			
222	Fruit trees and berry plantations			
241	Annual crops associated with permanent crops			
242	Complex cultivation patterns			
243	Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation			
231	Pastures	Shrubland and Pastures	Pastures	Pastures
321	Natural grassland			
311	Broad-leaved forest	Forestry, including agroforestry	Forest	Forest
312	Coniferous forest			
313	Mixed forest			

324	Transitional woodland/shrub	Shrubland and Pastures	Shrubland	Shrublands
322	Moors and heathland			
323	Sclerophyllous vegetation			
332	Bare rock			
333	Sparsely vegetated areas			
334	Burnt areas			
512	Water bodies	Other (Not classified)	Water bodies	Other (Not classified)

Fuente de la nomenclatura del CLC: <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/corine-land-cover-nomenclature-guidelines/html/>.

- *Inventarios Forestales Nacionales (NFI)*: Los NFI portugueses y españoles tienen un intervalo promedio de 10 años y el último NFI en ambos países no está todavía publicado, por lo que no se ha utilizado. Todos los NFI españoles presentan un mapa forestal en formato vectorial (años de referencia: 1971, 1991 y 2002), y son estos los que se han utilizado. Los NFI portugueses no siempre se acompañan de un mapa forestal. De hecho, solo el segundo NFI (1974) posee dicho mapa forestal. Los demás están en formato de malla de puntos, resultante de las parcelas usadas. También en Portugal, el primer (1964) y el tercer NFI (1984) no están disponibles, por lo que no se han podido emplear (**Tabla 15**).

Tabla 15. Resumen de los Inventarios Forestales Nacionales (NFI) de Portugal y de España.

	NFI	Periodo colección de datos y año de referencia	Formato
Portugal	1º NFI Portugués	1963–1965: 1964	No disponible
	2º NFI Portugués	1968–1980: 1974	Vectorial (Polígono)
	3º NFI Portugués	1980–1989: 1984	No disponible
	4º NFI Portugués	1990–2001: 1995	Vectorial (Punto)
	5º NFI Portugués	2004–2007: 2005	Vectorial (Punto)
	6º NFI Portugués	2010–2015: 2012	No publicado
España	1º NFI Español	1967–1974: 1971	Vectorial (Polígono)
	2º NFI Español	1986–1995: 1991	Vectorial (Polígono)
	3º NFI Español	1997–2007: 2002	Vectorial (Polígono)
	4º NFI Español	2008–2019: 2013	No publicado

La clasificación de estos productos varía a lo largo del tiempo (Portugal: ~15 clases en 1974 y ~55 clases en 2005; España: ~30 clases en 1971 y >100 clases en 2002). De todas las clases en todos los inventarios forestales, 11 clases del NFI-PT están presentes en la Serra da Estrela, mientras que 19 clases del NFI-ES están presentes en la Sierra de Ayllón. Además, 21 clases de matorral están presentes en la Sierra de Ayllón. Todas estas clases se han reclasificado en cinco nuevas: *Pinus sp.*, *Other Conifers*, *Quercus sp.*, *Other*

Broadleaved + Mixed forest, y *Shrubland* y, adicionalmente, una clase no forestal (*Other*) (Tabla 16).

Tabla 16. Nomenclatura del Inventario Forestal Nacional (NFI) de Portugal y de España, y su reclasificación según la leyenda de investigación en el nivel IV (FC).

Nomenclatura NFI Portugal	Nomenclatura NFI España	Leyenda Nivel IV (FC)
<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus</i> sp.
	<i>Pinus nigra</i> (reforestation)	
	<i>Pinus pinaster</i>	
	<i>Pinus pinaster</i> (reforestation)	
	<i>Pinus sylvestris</i>	
	<i>Pinus uncinata</i>	
Other softwoods	<i>Cedrus atlantica</i>	Other conifers
	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	
	<i>Larix x eurolepis</i>	
<i>Quercus</i> spp. <i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus</i> sp.
	<i>Quercus pyrenaica</i>	
	<i>Quercus petraea</i>	
	<i>Quercus robur</i>	
<i>Arbutus unedo</i> L. <i>Castanea sativa</i> Mill. <i>Eucalyptus</i> spp. <i>Fraxinus</i> spp. Other hardwoods Non identified species Mixed forest species	<i>Acer negundo</i> <i>Alnus glutinosa</i> <i>Betula</i> spp. <i>Fagus sylvatica</i> <i>Populus nigra</i> <i>Salix</i> spp	Other broadleaved + Mixed forest
Esta classe no se ha usado para la Serra da Estrela	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> <i>Buxus balearica</i> <i>Cistus ladanifer</i> <i>Cotoneaster</i> spp. <i>Cytisus purgans</i> <i>Echium</i> sp. <i>Erica vagans</i> <i>Helianthemum</i> spp. <i>Cistus</i> spp. <i>Juniperus communis</i> <i>Juniperus sabina</i> <i>Lavandula stoechas</i> <i>Rhododendron</i> spp. <i>Rosa</i> spp. <i>Sambucus nigra</i> <i>Tamarix</i> spp. Xerophytic mixed shrubland Mixed shrubland Shrubs Calciphyte mixed shrubland Calciphyte mixed shrubland with thorny bushes	Shrubland

Esta clase no se ha usado para la Serra da Estrela	Other than Forest categories	Other
--	------------------------------	-------

Fuente de la nomenclatura del NFI: CEABN, no disponible en línea (Portugal), y <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/inventario-forestal-nacional/default.aspx> (España).

4.4.3 Población, gestión del espacio forestal y meteorología

- **Población:** este asunto permite describir la influencia humana en el paisaje. Se han utilizado datos estadísticos oficiales para su reconstrucción y se ha podido cubrir el periodo desde la segunda mitad del siglo XIX hasta 2011.
- **Gestión del espacio forestal:** este asunto permite evaluar el valor socioeconómico de los productos forestales y la influencia de las actividades rurales en el control del combustible. Se han usado datos estadísticos oficiales y fuentes geohistóricas (la documentación histórica municipal) para su reconstrucción y se ha podido cubrir el periodo desde inicios del siglo XIX hasta 2009.
- **Meteorología:** este asunto permite evaluar el impacto de los factores ambientales a lo largo del tiempo, conectando sus cambios con los cambios en las demás variables.

4.4.3.1 Datos estadísticos

Los datos estadísticos utilizados se refieren a los datos oficiales de población (los censos de población a escala nacional y municipal, tanto en Portugal como en España), la gestión del espacio forestal (los censos agrícolas de cabezas de ganado en los dos países), la meteorología (las bases de datos en Portugal y en España con las variables de temperatura y precipitación), y los incendios (las bases de datos de incendios, basadas en registros de estadística oficiales de Portugal y España a partir de los ochenta). Las características de estos datos se detallan en la **Tabla 17**.

Tabla 17. Materiales usados – Datos estadísticos y sus características.

	Datos estadísticos	Fuentes
Portugal	Datos de población: - Censos de población en Portugal Fecha: 1877–2011, intervalo medio 10 años Escala: nacional y municipal	Instituto Nacional de Estadística de Portugal (INE-PT) www.ine.pt
	Datos de gestión del espacio forestal: - Censos General Agrícola Fecha: 1989, 1999 y 2009 Variables: cabezas de Ganado Escala: municipio	

METODOLOGÍA

	Datos meteorológicos: - Base de datos FAO Climate Fecha: desde 1961 Variables: temperatura y precipitación	CEABN – Universidad de Lisboa No disponible en línea.
	Datos de incendios: - Base de datos de incendios del ICNF Fecha: 1980–2015 Nivel de precisión: Municipio - Perímetros de incendio hechos a partir de los mapas de áreas ardidas producidos a partir de imágenes Landsat Fechas: 1975-1979 Nivel de precisión: un polígono por incendio	ICNF www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/inc/estat-sgif CEABN – Universidad de Lisboa No disponible en línea.
PT y ES	- Base de datos Europea de incendios (European Forest Fire Database, EFFIS), hecha a partir de imágenes de satélite (San-Miguel-Ayanz <i>et al.</i> , 2012) Fecha: 2000–2011	EFFIS – Copernicus (S. L. J. Oliveira, Pereira, & Carreiras, 2012) https://effis.jrc.ec.europa.eu/
España	Datos de población: - Censos de población en Portugal Fecha: 1864–2011, intervalo medio 10 años Escala: nacional y municipal - Nomenclátor Fecha: 1858–2000 Escala: municipal, intervalo medio 10 años	Instituto Nacional de Estadística de España (INE-ES) www.ine.es
	Datos de gestión del espacio forestal: - Censos de Agricultura Fecha: 1999 y 2009 Variables: cabezas de ganado Escala: municipio	
	Datos meteorológicos: - Base de datos AEMET Fecha: 1942–2000 Variables: temperatura y precipitación	AEMET – Ministerio de la Transición Ecológica. No disponible en línea.
	Datos de incendios: - Estadística General de Incendios Forestales (EGIF) Fecha: 1968–2015 Nivel de precisión: Provincia (1968–1983), Municipio (1983–1991), Coordenadas XY (1991–2000) - Perímetros de incendios de Guadalajara (IF-CLM) Fecha: 1983-2015	MAPAMA www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/Incendios_default.aspx Diputación Provincial de Guadalajara No disponible en línea.

Las bases de datos de incendios son la herramienta básica utilizada en la reconstrucción de los regímenes del fuego. En ellas se recopila la información obtenida sobre los eventos de incendio y sus características, permitiendo enmarcar la escala temporal. En Portugal, la base de datos oficial de incendios dirigida por el ICNF (IF-ICNF) proporciona estadísticas anuales de incendios desde 1980 (Ferreira-Leite *et al.*, 2012; Pereira, Malamud, Trigo, & Alves, 2011). Esta es una de las mejores bases de datos cartográficas de incendios forestales (los perímetros de áreas ardidas) a nivel europeo

(Pereira *et al.*, 2006). Asimismo, a través de un trabajo de Oliveira *et al.* (2012), con imágenes Landsat, se han podido añadir las áreas ardidadas desde 1975, lo que ha alargado en cinco años la fecha inicial de la base de datos IF-ICNF. No obstante, no existe información recogida en formato de base de datos, con su respectiva información espacial, relativa a periodos anteriores al 1975. España, a su vez, posee una de las bases de datos de incendios más antiguas del mundo, la Estadística General de Incendios Forestales de España (EGIF), actualizada anualmente por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPAMA). Comenzó en 1968, con una precisión de localización del evento de incendio a nivel provincial, en 1983 la precisión pasó a ser municipal, y a un nivel de coordenadas geográficas XY en 1991. Entonces, a partir de 1983, las bases de datos de Incendios de Portugal (IF-ICNF) y de España (EGIF) serían comparables, puesto que a partir de esa fecha ambas pueden referirse al municipio en el que se ubicó el evento de incendio. Sin embargo, esto no sucede así: mientras que el IF-ICNF presenta vectorialmente los perímetros de las áreas de incendio (y no presenta el punto de ignición), el EGIF solo presenta vectorialmente los puntos de ignición. Una segunda base de datos española, dirigida por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (IF-CLM), reúne vectorialmente los perímetros de las áreas ardidadas superiores a una hectárea en la provincia de Guadalajara desde 1968, por lo que se complementa con la EGIF. Todos los incendios superiores a una hectárea están incluidos en esta base de datos y se han reconstruido a partir de documentos en papel rectificadas, empleando imágenes de satélite y ortofotomapas. Por consiguiente, esto significa que es posible conocer la frecuencia de incendios mediante la EGIF (la que incluye todos los incendios menores de una hectárea, pero no sus perímetros de incendio). Es posible conocer los perímetros de incendio por medio de la IF-CLM, aunque no incluya los incendios menores de una hectárea (lo que en Ayllón significa menos de ~1 ha/año entre 2000 y 2011, por lo que se asume que no implicará un área muy extensa en el período anterior).

El problema de comparación entre las estadísticas nacionales de incendios también se ha abordado a nivel europeo a la hora de estudiar el comportamiento de los incendios en este contexto más amplio. Así, en los años noventa comenzó el proyecto de creación de una base de datos de incendios europea –EFFIS, *Common Core Database*, dirigida por el JRC– para recopilar continuamente información sobre incendios

forestales (p. ej., la hora, la ubicación, el tamaño, y la causa) en aproximadamente 21 países de Europa y de la región del Mediterráneo (incluidos Portugal y España) (European Commission, 2012). Sin embargo, la información es más limitada que aquella recopilada en las bases de datos de incendios de cada país, ya que, al explorar la validez de utilizarla como alternativa a la IF-ICNF y IF-CLM para analizar los perímetros de las áreas ardiadas, se han superpuesto la base de datos europea (EFFIS) y las bases de datos de incendios nacionales (IF-ICNF y IF-CLM) para el periodo en el que coinciden (2000–2011). Los resultados han revelado que el 87 % de los perímetros de incendio coinciden en la Serra da Estrela, pero solo el 7 % de los perímetros coinciden en el caso de la Sierra de Ayllón (**Figura Anexo 12**), probablemente, porque los incendios más pequeños tienen menos probabilidad de ser detectados por los satélites o porque algunas áreas no han ardido con la intensidad o la severidad suficientes como para ser detectadas en la información de satélite. Por ello, el resto de incendios no están representados en el EFFIS y las bases de datos de incendios nacionales se consideran completas, comparables y adecuadas para los objetivos de esta tesis. Por lo tanto, para la Serra da Estrela, se ha utilizado la IF-ICNF para conocer la frecuencia de incendios y las áreas ardiadas desde 1980 hasta el 2015, para la Sierra de Ayllón, se ha empleado la EGIF con el fin de conocer la frecuencia de incendios, y la IF-CLM para conocer las áreas ardiadas. Para la Serra da Estrela, se utilizaron 2541 registros de incendio de la IF-ICNF sobre el periodo 1980–2015. Para la Sierra de Ayllón, se han considerado 208 registros de incendio de la EGIF acerca del periodo 1983–2015.

4.4.4 Métodos de investigación

Se ha llevado a cabo un análisis geográfico regional sistémico socioespacial y multiescalar, utilizando los métodos propios de la geografía histórica, con recurso a los SIG y a la estadística básica. En esta investigación exploratoria y analítica, se ha recopilado información en las diferentes fuentes, de forma sistemática e intensiva, en los diversos archivos históricos y administrativos. Con los datos recopilados, se han generado bases de datos (los incendios y la gestión del espacio forestal) que más tarde, al igual que la información cartográfica obtenida, se ha integrado, empleando SIG ArcMap. Todos los análisis de la información geoprocesada se han realizado en el

software del tratamiento de la información estadística Microsoft Excel (2013), de acuerdo con lo que se explica a continuación para cada una de las tres secciones de resultados.

4.4.4.1 Investigación sobre el régimen actual de fuego en los dos extremos del Sistema Central

En esta sección, se ha explorado la escala temporal de medio plazo, específicamente de los años setenta al año 2012 (correspondiente al último mapa de LULC disponible). La escala espacial utilizada ha sido la escala de paisaje: Serra da Estrela (**Figura 5C**) y Sierra de Ayllón (**Figura 5D**).

En primer lugar, para una visión general de la distribución del LULC en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón, se han calculado los porcentajes de cada una de las seis clases de LULC en el área total, en cada sierra, sobre los cinco años de referencia. Por lo tanto, para la Serra da Estrela se han calculado los años 1972, 1990, 2000, 2006 y 2012; y para la Sierra de Ayllón se han calculado los años 1956, 1990, 2000, 2006 y 2012.

En segundo lugar, para comprender la dinámica principal de LULC en ambas sierras, se ha excluido el primer año de referencia (1972 en Estrela y 1956 en Ayllón) y se han calculado los cambios porcentuales en el área desde 1990 (los cambios porcentuales en el área de cada clase de LULC en un mapa de LULC y el siguiente). Se han agrupado las dinámicas en cinco clases (*forest progressive trend*, *forest regressive trend*, *loss of agricultural land*, *land use stability*, and *other land use changes*). *Forest progressive trend* o progresión forestal implica el cambio de matorral a bosque. *Forest regressive trend* o regresión forestal significa lo contrario, i.e., el cambio de bosque a matorral. *Loss of agricultural land* o pérdida de suelo agrícola se ha clasificado como otra dinámica debido a la importancia de las tierras agrícolas y de los pastizales en estas áreas rurales. *Land use stability* o estabilidad se refiere a aquellas áreas que no cambiaron. *Other land use changes* u otras dinámicas se refiere al cambio de la clase *Other* a todas las demás, así como el cambio de todas las demás clases a *Other*.

En tercer lugar, se han analizado las posibles interacciones entre el LULC y el fuego superponiendo los mapas de LULC (1990–2000, 2000–2006, 2006–2012) y los perímetros de incendio para cada período correspondiente (1990–1999, 2000–2005 y 2006–2011) y mediante la clasificación de las áreas resultantes como Fuego (F) y No fuego (NF). Con estos resultados, se han construido tres matrices simples de transición matemática

(según el modelo de Markov (Balzter, 2000)), que representan los cambios en el LULC entre los períodos de tiempo seleccionados (1990–2000, 2000–2006 y 2006–2012) para F y NF. Más tarde, se ha calculado una matriz de transición global, utilizando el promedio ponderado de los valores de los tres periodos para F y NF. Se ha usado el área ardida para cada clase de LULC en cada período como el factor de ponderación para F.

En cuarto lugar, se ha empleado el índice de selectividad de Manly (Rego *et al.*, 2019) para evaluar qué clases de LULC eran más y menos propensas a quemarse de lo que sugeriría su área. Se han comparado las áreas de cada clase de LULC que han ardido (dentro del área total ardida de todas las clases de LULC) y el área de la misma clase de LULC disponible antes del incendio (dentro del área total de todas las clases de LULC). Por lo tanto, para cada clase de LULC se ha utilizado:

$$\alpha_i = \frac{\text{Área ardida de la clase de LULC } i / \text{Área ardida total}}{\text{Área de la clase de LULC } i / \text{Área total}}$$

Si este índice es mayor que 1, significa que el fuego ha sido selectivo para esa clase de LULC porque la proporción del área ardida de esa clase de LULC fue mayor que la proporción del área disponible de la misma clase de LULC. Por el contrario, si es inferior a 1, significa que el fuego no mostró selectividad para esa clase de LULC.

Por último, considerando únicamente el caso de estudio de la Serra da Estrela, donde se han producido cambios importantes, se han utilizado regresiones lineales simples para explorar las posibles relaciones entre el cambio porcentual en las principales clases de LULC (*shrubland, forest, and agriculture and agroforestry*) y el porcentaje de área ardida en la clase correspondiente, para los períodos 1990–2000, 2000–2006 y 2006–2012. El área ardida en la Sierra de Ayllón es demasiado pequeña como para realizar con éxito la misma exploración.

Con el fin de superar el hecho de que tal vez algunos cambios no sean evidentes, debido a la agregación de las clases forestales en una sola clase de LULC (*forest*), se ha investigado la composición forestal (FC) dentro de la clase forestal de LULC. Aunque el NFI haya variado en formato y escala, la comparación de FC entre las dos sierras, utilizando porcentajes, es razonable. Para los tres años de referencia de la FC portuguesa (1974, 1995 y 2005), se ha calculado el porcentaje de puntos dentro del área total de cada

una de las cuatro clases de FC (categoría *shrubland* no incluida). Para los tres años de referencia de la FC española (1971, 1991 y 2002), se ha calculado el porcentaje en el área total de cada una de las cuatro clases de FC.

Para analizar la interacción entre la FC y el fuego, se ha mantenido el enfoque únicamente en la Sierra de Ayllón, porque los mapas forestales del NFI asociados lo permitieron. El área ardida no es muy grande, por lo que se han unido las clases de *Pinus sp.* y *Other conifers* a una clase más amplia: *Conifers*. Del mismo modo, se han unido las clases *Quercus sp.* y *Other broadleaved + Mixed forest* a una clase más amplia: *Broadleaved + Mixed forest*. El método ha sido el mismo que el utilizado para el LULC y el análisis de la interacción con el fuego, aunque utilizando los mapas forestales (NFI) en su lugar y considerando dos períodos de tiempo, de acuerdo con las fechas de los mapas forestales españoles: 1971–1991 y 1991–2002. Además, los periodos correspondientes de área ardida utilizada fueron, respectivamente, 1971–1990 y 1991–2001. Del mismo modo, se ha comparado el área de cada clase de FC ardida y el área de la misma clase de FC disponible antes del incendio la Sierra de Ayllón, utilizando el mismo índice de selectividad explicado anteriormente para el LULC (**Figura 12**). Finalmente, siguiendo el mismo método aplicado al LULC explicado anteriormente, se construyeron dos matrices de transición, que representan los cambios de la FC entre los períodos de tiempo seleccionados (1971–1991 y 1991–2002) para lo Ardido (F) y para lo No Ardido (NF) en la Sierra de Ayllón.

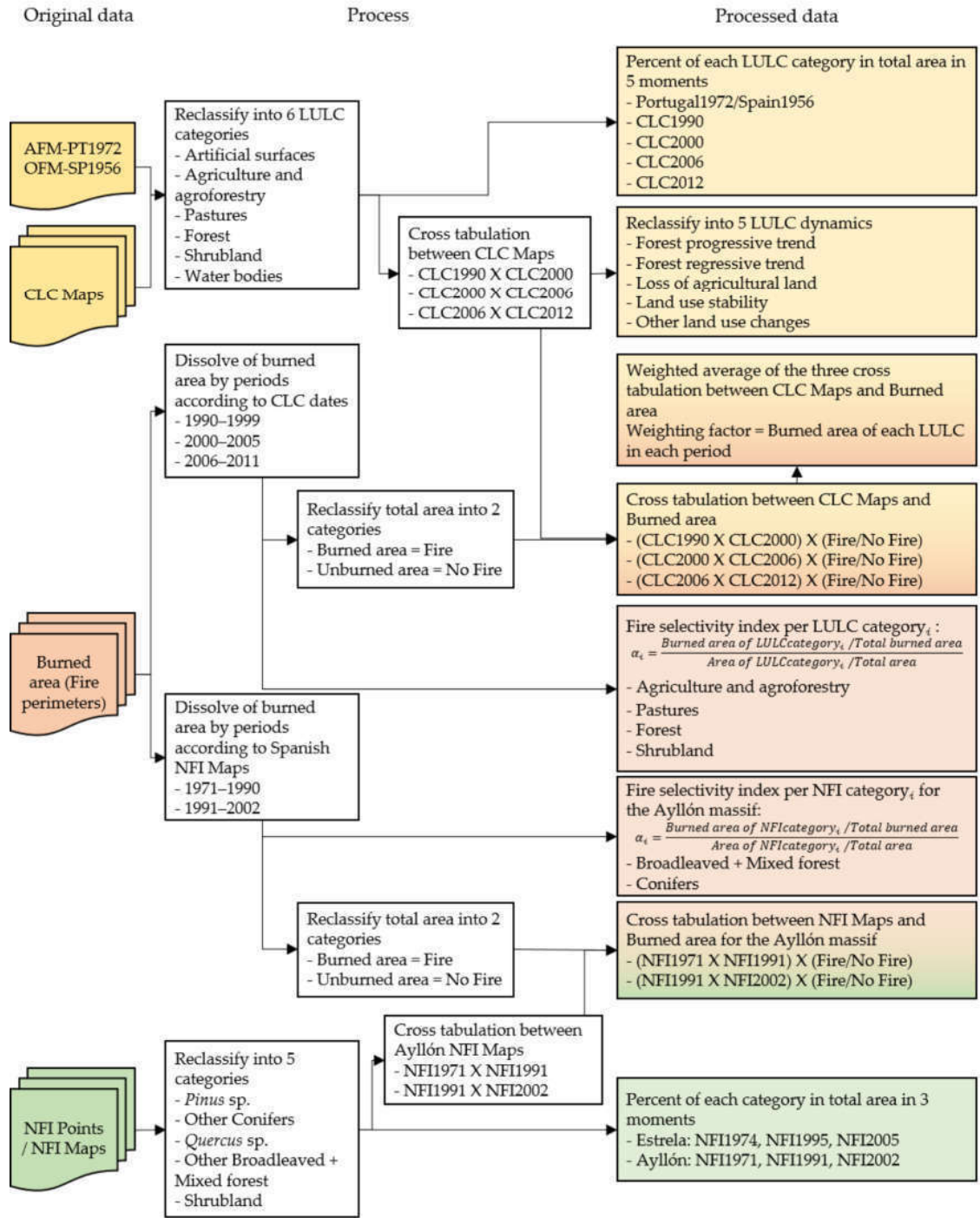


Figura 12. Diagrama de flujo de la metodología de investigación sobre el régimen actual de fuego en los dos extremos del Sistema Central.

4.4.4.2 Investigación sobre el régimen histórico de fuego en los dos extremos del Sistema Central

En esta sección, se ha explorado la escala temporal de largo plazo, específicamente del año 1751 al año 2000, porque se considera que en el año 2000 las consecuencias del cambio rural de mediados del siglo XX ya eran perfectamente evidentes. Las escalas espaciales usadas han sido (1) la escala de paisaje –Serra da Estrela (**Figura 5C**) y Sierra de Ayllón (**Figura 5D**)– y (2) la escala local –Manteigas (**Figura 10A**), Jarama y Sorbe– (**Figura 10B**).

En primer lugar, se ha considerado la distribución secular de los registros históricos de incendios según el tipo de archivo y se ha realizado un análisis de la frecuencia de incendios y la suma del área ardida por comparación entre la Serra da Estrela y la Sierra de Ayllón en el *periodo histórico* (en 1751-1850, 1851-1900, 1901-1950, 1951-1960, 1961-1970 y 1971-1979), y en el *periodo estadístico* (anualmente en 1980-2000 y separando los incendios de más de una hectárea, de los conatos, con menos de una hectárea de área ardida). Esta separación de períodos se ha considerado la más adecuada, teniendo en cuenta el objetivo de comparación de información entre las sierras.

En segundo lugar, se ha analizado los cambios entre las causas de los incendios en el *periodo histórico* y en el *periodo estadístico*, calculando el porcentaje de cada causa de incendio en el total de incendios en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón.

En tercer lugar, se ha evaluado la influencia de los factores contextuales en la ocurrencia de incendios a lo largo de la historia, definiendo los escenarios históricos del fuego con base en el LULC, de la población y de la gestión del espacio forestal. Para una visión general de la distribución del LULC en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón en el inicio del siglo XX, a mediados del siglo XX, y a finales del siglo XX, se han calculado los porcentajes de cada una de las tres clases del nivel I de la leyenda de LULC (*Agricultural areas*, *Forest including Agroforestry*, y *Shrublands and Pastures*) en el área total, en cada sierra. Por lo tanto, para la Serra da Estrela se ha calculado sobre el año 1914 (la fecha promedio del MRM-PT1917 y del AFM-PT1910, i.e., inicio del siglo XX), 1972 (la fecha promedio del Mapa forestal del NFI-PT1972 y AFM-1962, i.e., a mediados del siglo XX) y 2000 (la fecha de referencia del CLC2000, i.e., a finales del siglo XX); y con respecto

a la Sierra de Ayllón se ha calculado sobre el año 1896 (la fecha PLA-SP1896, i.e., inicios del siglo XX), 1956 (la fecha OFM-SP1956, i.e., mediados del siglo XX) y 2000 (la fecha de referencia del CLC2000, i.e., finales del siglo XX). Para obtener una visión de la distribución de la población en las dos sierras por comparación con sus respectivos distritos y provincias, se ha producido una salida gráfica en la que se ha sumado el número de habitantes de todos los municipios de las áreas de estudio en las fechas de todos los censos de población. Más tarde, en el caso de la Serra da Estrela –porque para la Sierra de Ayllón no se ha encontrado una serie histórica igualmente completa–, se han unido los valores de las cabezas de ganado (*Sheep + Goats*) hasta 1843 y hasta 1978 (*Sheep y Goats*), con los datos estadísticos de 1999 y 2009. Finalmente, se han evaluado los cambios en la gestión del espacio forestal (los usos forestales), calculando el porcentaje del tipo de permisos de aprovechamientos que se han pedido (*Grazing, Other, y Timber and fuel Wood*) en el total de permisos pedidos. Con respecto a la Serra da Estrela, se han considerado los periodos 1751-1850, 1851-1900, 1901-1950, 1951-1960, 1961-1970, y 1971-1980; para la Sierra de Ayllón se han considerado los periodos 1751-1850, 1851-1900, 1901-1950, 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980 y 1981-1990.

En la siguiente figura, se presenta el diagrama de flujo respectivo (**Figura 13**).

METODOLOGÍA

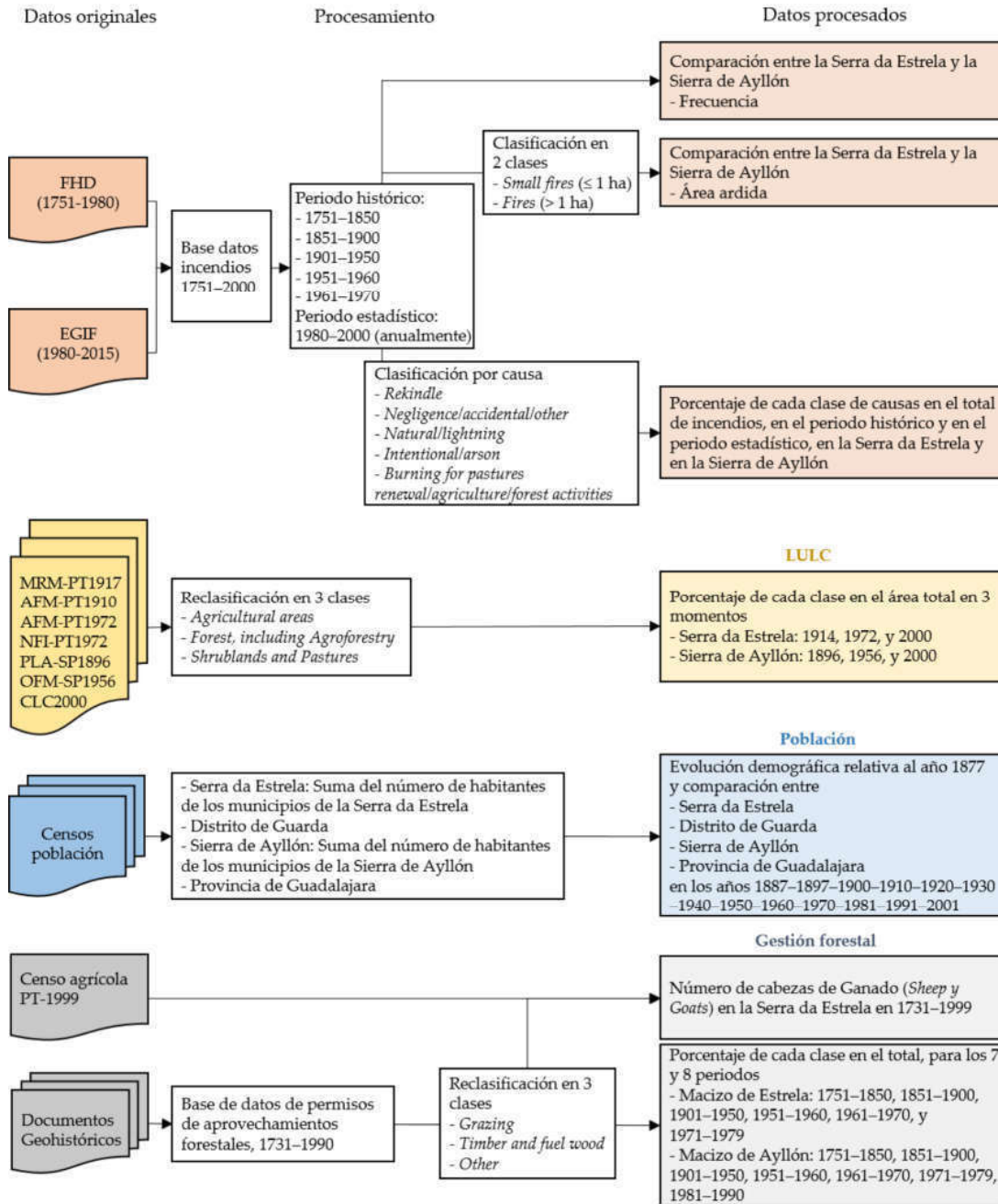


Figura 13. Diagrama de flujo de la metodología de investigación sobre el régimen histórico de fuego en los dos extremos del sistema central

4.4.4.3 Investigación sobre el régimen histórico a escala local

En esta sección, se ha explorado una vez más la escala temporal de largo plazo (1751-2000). Las escalas espaciales utilizadas han sido (1) la escala de paisaje –Sierra de Ayllón (**Figura 5D**)– y (2) la escala local –Jarama y Sorbe (**Figura 10B**) – y se han procesado los componentes seleccionados para definir los escenarios de incendio (el LULC, la población y el asentamiento, junto con la gestión del espacio forestal) y las variables consideradas para definir los incendios tipo (el área ardida, la causa, y el patrón espacial de distribución).

En primer lugar, mediante la evaluación visual de la distribución de la frecuencia de incendios en la Sierra de Ayllón por décadas, se han identificado las pirotransiciones o *pyrotransitions* de las dinámicas del régimen de fuego.

En segundo lugar, para cada caso de estudio (Jarama y Sorbe) se han evaluado por comparación visual la frecuencia de incendios y el área ardida.

En tercer lugar, se han clasificado los incendios por tamaño (*Very small* ≤ 1 ha; $1 < Small < 15$ ha; $15 < Medium < 100$ ha; $100 < Large < 500$ ha; *Very large* ≥ 500 ha) y se ha calculado el porcentaje de cada clase en el total de incendios en los periodos 1751-1850, 1851-1910, 1911-1969, 1970-1984, 1985-2000, sobre el Jarama y el Sorbe. Más tarde, manteniendo los mismos periodos, se ha calculado el porcentaje de cada clase de causa de incendios (*Negligence/accidental/other*, *Natural/lightning*, *Intentional/arson*, y *Burning for pastures renewallagriculturalforest activities*) en el total y para cada caso de estudio del Jarama y del Sorbe.

En cuarto lugar, se ha calculado la evolución demográfica, en porcentaje, de los casos de estudio Jarama y Sorbe, con la evolución demográfica de la Sierra de Ayllón y de España.

Para una visión general de la distribución del LULC en los tres años de referencia en el caso de estudio del Jarama y del Sorbe, se han calculado los porcentajes de cada una de las cinco siguientes clases de nivel III de la leyenda de LULC (*Agricultural áreas*, *Agroforestry*, *Forest*, *Pastures*, y *Shrublands*) en el área total de cada caso de estudio. Por lo tanto, acerca del Jarama y del Sorbe se han calculado los años de referencia 1896, 1956 y

2000. Además, los mapas de LULC de cada año de referencia en cada caso de estudio se han representado igualmente, utilizando la aplicación ArcMap y clasificando las dinámicas de LULC en los años de referencia según la clasificación explicada anteriormente (*Forest progression, Forest regression, Land use stability, y Loss of agricultural land*)

Finalmente, se han evaluado, a escala local, los indicadores sociales de la gestión del espacio forestal hasta 1990, calculando el porcentaje del tipo de permisos de aprovechamientos pedidos (*Grazing, Other, y Timber and fuel Wood*) en el total de permisos solicitados. Para ambos casos de estudio del Jarama y del Sorbe, se han considerado por separado los periodos pre-1850, 1851-1910, 1911-1969, 1970-1984 y 1985-1990. A su vez, y de una forma comparada, se ha calculado el porcentaje de las denuncias por actividades ilegales según su naturaleza (*Grazing, Logging, y Other*) acerca de los mismos periodos. Aún para los mismos periodos hasta 1970 (después de 1970, sólo hay datos sobre 1999), se ha calculado la densidad media de las cabezas de ganado en el Jarama y en el Sorbe (el número de cabezas de ganado de *Cows, Sheep, y Goats* por hectárea).

La figura siguiente ilustra el respectivo diagrama de flujo (**Figura 14**).

METODOLOGÍA

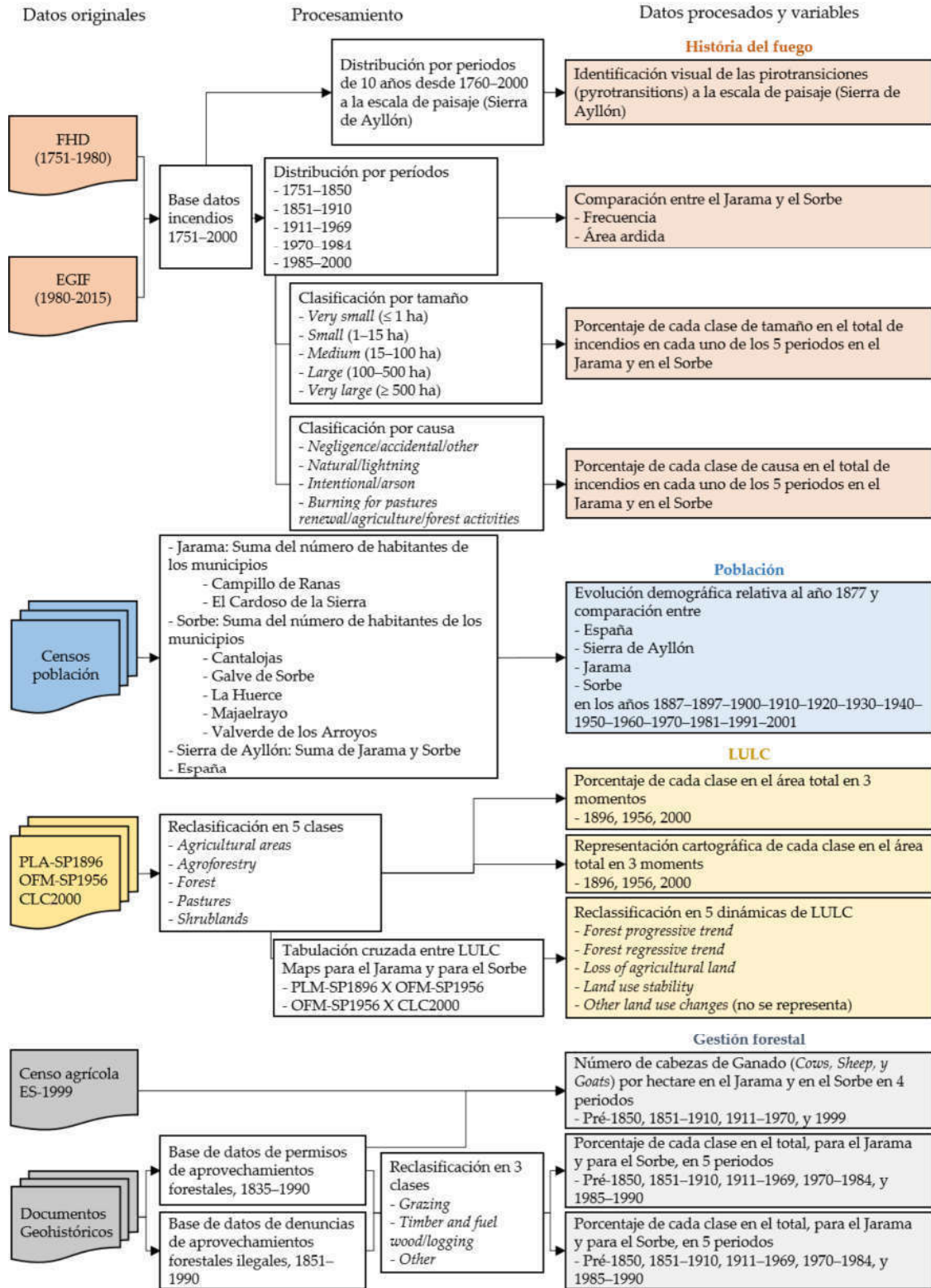


Figura 14. Diagrama de flujo de la metodología de investigación sobre el régimen histórico a escala local.

5 | RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Según se indicó anteriormente, las tres secciones siguientes se presentan en la secuencia de las preguntas y los objetivos definidos de la investigación y están asociados a los artículos científicos referidos en el diseño de la investigación. Se presentan en inglés y se reproducen de la misma forma en la que están publicados.

5.1 INVESTIGACIÓN SOBRE EL RÉGIMEN ACTUAL DE FUEGO EN LOS DOS EXTREMOS DEL SISTEMA CENTRAL

5.1.1 Half-century changes in LULC and fire in Estrela and Ayllón massifs

Land use and land cover (LULC) in the Iberian Peninsula have undergone substantial changes through the second half of the 20th century, mostly related to human activities resulting from economic development (Fernández & Corbelle, 2017). Such LULC changes have triggered a change in the fire patterns in this territory (Moreira *et al.*, 2011; Rego, 1992; Silva *et al.*, 2011). However, the influence of the social context on the interaction between fire and LULC is poorly understood yet critical to effective planning and policy.

The Central Mountain System of the Iberian Peninsula is a good example of the regional, national and global social-ecological dynamics that happened in the second half of the 20th century (Meneses, Reis, Pereira, & Vale, 2017; Paniagua & Hoggart, 2001; Plieninger *et al.*, 2016; Viedma, Moity, & Moreno, 2015a; Vilar, Camia, San-Miguel-Ayán, & Martín, 2016). This area is historically very fire prone (García Novo, Casal, & Pausas, 2018; Montiel-Molina, 2013b), and the interactions between LULC and fire have been studied at the regional and landscape scales (e.g., Gallardo, Gómez, Vilar, Martínez-Vega, & Martín, 2016; Montiel-Molina, 2013b; Nunes, Lourenço, & Meira, 2016; Viedma *et al.*, 2006). Nevertheless, less attention has been paid to the two ends of that region (Martínez de Pisón & Molina Holgado, 2002) from a comparative perspective. Although they belong to the same mountain system and are therefore biophysically similar, they are in two different countries. Is the difference between the two fire frequencies due to the different social-political contexts? Analysis of LULC changes in the Estrela massif (the western end of the Central Mountain System situated in Portugal) showed that since 1000 yr BP there was a general deforestation (i.e.,

conversion of forest land to non-forest land, or decrease in tree canopy cover) of the upper elevations of the massif while *Pinus* forest area increased at lower elevations because of excessive grazing (Janssen & Woldringh, 1981). The currently forested landscape is a result of the reforestations (i.e., conversion of non-forested lands to forests, or increase in tree canopy cover), mostly with *Pinus*, that took place after the establishment of the Portuguese national forests in the late 19th century (Caetano & Marcelino, 2017; Ribeiro, Delgado, & Ministerio das Obras Públicas, 1868; Watson *et al.*, 2000). The Estrela massif is characterized by large burned areas despite relatively few ignitions when compared to the Portuguese national numbers (Marques, Borges, Garcia-Gonzalo, & Moreira, 2011; Meneses *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2009), and fire selectivity studies (e.g., Nunes *et al.*, 2005) confirmed the LULC relationship with fire. In contrast, at the eastern end of the Central Mountain System, in the Ayllón massif in Spain, LULC investigations showed that once extensive forest area (ca. 4000–2000 yr. BP) decreased with the intensification of human activities (Franco Múgica, García Antón, Maldonado Ruiz, Morla Juaristi, & Sainz Ollero, 2001; Postigo-Mijarra *et al.*, 2017), and that the Spanish Forest Administration carried out several reforestations over the 20th century for hydrological-woodland restoration and erosion control in the upper parts of the watersheds (Gómez de Mendoza & Mata Olmo, 1992). Fire in the Ayllón massif is characterized by very few ignitions and large burned areas (Montiel-Molina *et al.*, 2018). However, the Estrela massif has a much higher fire frequency than the Ayllón massif from the late 20th century.

Fire dynamics were not simple. In both Spain and Portugal, an abrupt change in the fire regime (number of fires, as well as in the burned area) occurred in the 1970s and again in the 1990s (Jiménez-Ruano, Rodrigues Mímbrero, & De La Riva Fernández, 2017; Moreno *et al.*, 2014; Pausas & Fernández-Muñoz, 2012; Silva *et al.*, 2018). The landscape structure and pattern are influenced by fires (Fernandes, Luz, Loureiro, Ferreira-Godinho, & Botelho, 2006; Martínez-Fernandéz, Vega-garcía, & Chuvieco, 2008; Moreira *et al.*, 2011; Nunes, 2012; Pausas, 2006; Rego, Louro, & Constantino, 2013; Viedma *et al.*, 2006). Fires burned LULC types disproportionately to their abundance but fire selectivity was weaker as fire size increased (Barros & Pereira, 2014; Moreira *et al.*, 2009; Moreno *et al.*, 2011; Sebastián-López, Salvador-Civil, Gonzalo-Jiménez, & San-Miguel-

Ayanz, 2008). Although the likelihood of burning was high in shrubland and forest areas in Spain (Martínez-Fernández *et al.*, 2013; F. Verdú, Salas, & Vega-García, 2012) and in Portugal (Moreira, Catry, Rego, & Bacao, 2010), fire density was not found to be related to LULC in Spain and in Portugal (Catry *et al.*, 2009; Koutsias, Martínez-Fernández, & Allgöwer, 2010; Oliveira *et al.*, 2012; Sebastián-López *et al.*, 2008). Besides shrubland, *Pinus* forests were the most fire prone, in contrast to agricultural-related LULC (Barros & Pereira, 2014; Carmo *et al.*, 2011; Marques *et al.*, 2011; Moreira *et al.*, 2001, 2009; Nunes, 2012; Nunes *et al.*, 2005). Given these findings, many researchers called for local and landscape approaches to identify and explain the drivers of landscape and fire variations (Beilin & Reid, 2015; Turner II, Meyer, & Skole, 1994; Wilbanks & Kates, 1999), as they are changing over time (Viedma, Urbieto, & Moreno, 2018). This could inform regional land use and fire policies.

In this section we assess the interaction between burned areas and LULC (including forest composition) in the second half of the 20th century in the Estrela and Ayllón massifs, during the period of the abrupt change in the fire regime found in both countries in the 1970s and in the 1990s. We used mathematical transition matrices and fire selectivity indexes, which have been widely used in this context and have proved to be suitable (e.g., Acácio, Holmgren, Rego, Moreira, & Mohren, 2009; Moreno *et al.*, 2011; Oliveira, Guiomar, Baptista, Pereira, & Claro, 2017; Silva, Vaz, Moreira, Catry, & Rego, 2010). We are interested in understanding if the LULC and fire interactions could explain the much more extensive fires in Estrela, or if it is because the Estrela and Ayllón massifs are situated in two different countries. Comparing these biophysically similar areas enables us to understand how their landscape organization and dynamics likely influence and are influenced by fire, and how this could be shaped by their different social history and context. Our hypotheses are that, regardless of the contrasting fire frequencies in the two areas, (1) fire affected LULC transitions, and that (2) LULC influenced fire selectivity, i.e., different LULC categories had different fire proneness in both the Estrela and Ayllón massifs. Assessing the interplay between fire and LULC transitions at the landscape scale within two different social-ecological contexts is important to developing smarter fire and landscape management strategies for reducing risk and damages from fire. Also, the approach taken in this study allows for a better

understanding of the processes by addressing separately the relationship between fire and LULC transitions and then how LULC affects fire.

5.1.2 Land use/land cover changed through time

LULC over time differed between the two ends of the Central Mountain System. In the Estrela massif, there was a small decrease in forest and a similar increase in shrubland for the 1972–2012 period (**Figure 15A**). In this massif, shrubland was the most extensive LULC category as it represented more than 50% of the total area during all years analyzed. Forest LULC was also abundant (more than 17% in all years), with agriculture and agroforestry (more than 10% in all years) and pastures (less than 4% in all years) also present. In 1972, 31% of the Estrela massif was forested, which is confirmed by official reforestation reports for 1970s (Direcção-Geral de Ordenamento e Gestão Florestal, 1981). Conversely, trends were not linear in the Ayllón massif. Until the end of the 20th century, shrubland area increased slightly, but after the year 2000, there was a sharp decrease of shrubland area, along with an increase in forest and pasture in 1990–2000 (**Figure 15B**). The most extensive LULC category in this massif was shrubland until 2000 (~55% in all years until 2000), and forest after 2000 (38% after 2000), followed by pastures (~9% until 2000 and 23% after 2000), and agriculture and agroforestry (less than 7% in all years).

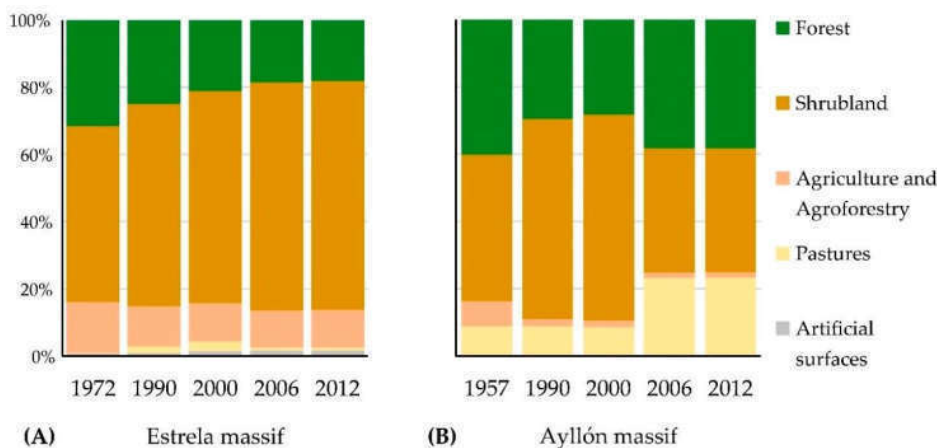


Figure 15. LULC (percent of total land area) in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B) in the second half of the 20th century.

The striking difference between the two massifs is that agriculture and agroforestry areas (corresponding to non-irrigated arable land) were more extensive in

the Estrela massif, while pastures were always more important in the Ayllón massif. Such difference in LULC reflects the dissimilar socio-economic backgrounds. In Estrela, the system was based more on agriculture and agroforestry, while in Ayllón cattle grazing for meat production dominated (Bordiú Barreda, 1985; Marques, 2006). LULC changes in both areas reflect the socio-economic outcomes of the post-World War II years, which in Portugal were very much linked to the stability or slight increase of agriculture areas until the 1970s (**Figure 15A**). These changes in agriculture areas were accompanied by a modernization of the rural areas (markets opening, agriculture mechanization, new fertilizers and feed-grain became available), as well as, by an exodus of residents from rural areas (Baptista, 2010). Through the 1970s, pasture-related activities and animal production decreased in the whole country and the poorer pasture areas were abandoned (Cabral, 1978). In Estrela in 1972 there is very little area of pastures (**Figure 15A**). In the wake of the first oil crisis in 1973, the economic growth slowed, as did the rural abandonment in Portugal, with exception to the mountain areas, as the Estrela massif, which kept this rural abandonment trend (Amaral, 1994). Around the same time, and as a result of the 1974 Carnation Revolution, the mass repatriation of people after the independence of the former Portuguese African colonies could have helped to raise the human population in the Estrela massif, as it did in many areas of Portugal (Engerman & das Neves, 1997), but actually it could not stop the declining trend started around the 1960s (INE - Statistics Portugal). Our results show that the agriculture and agroforestry areas did not vary much in extent. The increase in the area of pastures could only reflect more available land due to land abandonment because the number of shepherds decreased more than 50% between 1970s and 2012, as did the number of livestock in Estrela (Martinho, 1981). The Ayllón massif, being Spanish, reflected different socio-economic outcomes. Here, the decrease of agriculture and agroforestry areas until 2000 (**Figure 15B**) is explained by the selective reduction of agriculture areas that happened all over Spain as land was abandoned (INE - Statistics Spain), and continued human population loss in the Ayllón massif (INE - Statistics Spain). The increase in pasture areas was an outcome of the change in the livestock agrobusiness models (e.g., more cows and less goats) boosted by the large size of the common properties that characterize this massif (Dirección General de Política Forestal y Espacios

Naturales & Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, 2017). Both Estrela and Ayllón share the Common Agricultural Policy membership and EU membership of their respective countries since 1986, whose policies started being fully evident after 1990 in the decline in the value of the forest resources (Mateus, 1992). Estrela, having been characterized by family farming and smallholdings, was more shaken by these two changes than was Ayllón. Therefore, Estrela maintained a small-scale production of traditional sheep cheese and started focusing on the tertiary sector of the economy, with predominance for rural tourism, whereas, besides the focus on tourism and a weaker tertiary sector, Ayllón also specialized in open range cattle grazing for meat production (Plaza Gutiérrez, Martín Jiménez, Hortelano Mínguez, & Fernández Álvarez, 2008). New market conditions led to adaptation in the rural system in the Ayllón massif. In the face of the land abandonment that happened in both massifs, there were different observed trends concerning shrubland: increase of shrubland area in Estrela during all the years analyzed (as verified in other Mediterranean landscapes (Mazzoleni *et al.*, 2004)), and the turnaround of this increasing trend after 2000 in Ayllón.

During the second half of the 20th century, LULC in the Estrela massif was more stable than in the Ayllón massif (~86% of land use stability in Estrela and ~82% of land use stability in Ayllón). This is in line with the national trend of the two respective countries as LULC in Portugal was more stable compared to Spain (Feranec, Soukup, Hazeu, & Jaffrain, 2016). Also in agreement with the national trends, the leading LULC changes in the Estrela massif were directly related to forests (Caetano *et al.*, 2005; Feranec, Jaffrain, Soukup, & Hazeu, 2010), with forest regression higher than its progressive development (for the 1990–2000 and 2000–2006 periods, more than 30% of forest transitioned to shrubland) (**Figure 16A**). This same trend of forest regression can be seen in the Ayllón massif, especially between 2000 and 2006, when much of the forest transitioned to shrubland and pastures, and when much shrubland area transitioned to pastures (**Figure 16B**). On the other hand, forest area increased as a result of the national reforestation efforts in Portugal and in Spain in the mid-20th century, carried out for hydrological-woodland restoration and erosion control in the upper parts of watersheds, and fast wood production of *Pinus* sp. stands elsewhere (Bunting & Rego, 1988). In both Estrela and Ayllón, these extensive, reforestation efforts were carried out by the

respective Portuguese and Spanish Forest Administrations through land acquisition, expropriation or occupation (Barjona de Freitas, 1989; Fernández Muñoz & Mata Olmo, 2000). In both massifs, reforestation resulted in less land available for grazing livestock, which caused considerable social troubles for the local people, and ultimately limited reforestation to less than originally planned (Fernández-Muñoz, 2002).



Figure 16. LULC dynamics in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B) in the second half of the 20th century. Tables are read from line (where it is written “From”) to column (where it is written “To”), and each line sums 100% for each period. Values in the tables are the percentages of the area that remain in the same vegetation class or change from one period to the next. Note that the individual columns for each LULC represent each of the three time periods (1990–2000, 2000–2006, and 2006–2012).

The loss of agricultural land between 2000 and 2006 occurred in both massifs, which may have been associated with the EU policies and with land degradation (Diogo & Koomen, 2010; Jones, de Graaff, Rodrigo, & Duarte, 2011; Jucker Riva, Daliakopoulos, Eckert, Hodel, & Liniger, 2017). Between 2000 and 2006 in Estrela, 66% of pastures changed into shrubland, while in Ayllón, 28% of agriculture and agroforestry, and 20% of pastures, changed into shrubland (Figure 16). A loss of agricultural land followed by natural and artificial reforestation existed in both study areas, except in the period 2006–2012 when the massifs were characterized by landscape stability (Figure 16). This conversion from agriculture land into forest, when for economic advantages, is one of the acknowledged reasons for forest transition (Rudel *et al.*, 2005). If, in one hand, forest

transition is confirmed for the Ayllón massif (Delgado Viñas, 2015), our results for Estrela (only 2%–6% of change from agricultural land into forest) indicate that forest transition is not relevant. In fact, Oliveira *et al.* (2017) confirms our results, having found that even from earlier, from the 1970s–2006, the Estrela massif had areas where forest transition did not exist or had failed.

5.1.3 Fire and land use/land cover are related

In Estrela, for the 1990–2011 period, 5796 fires were recorded with a total burned area of ~44 thousand hectares (**Figure 17A**). Approximately 723 hectares of that total area burned in fires smaller than 1 hectare equally distributed between the three time periods. In Ayllón, for the same 1990–2011 period, only 142 fires were recorded, with a total burned area of 2636 hectares (**Figure 17B**). The annual fire frequency and burned area were not linear through 1990–2011, the years 1994 and 1995 corresponded to a peak in the fire frequency in Estrela, and a peak in the burned area in Ayllón, as in the entire Iberian Peninsula (Moreno *et al.*, 2014). The IF-ICNF database also provide us the information about the major cause of fires being accidental in Estrela, mostly related with agroforestry and agriculture. The major cause of fires in Ayllón was lightning, followed by accidental ignition related with agriculture, according to the Spanish national forest fire database. Fire causes related with agriculture activities in both massifs are not surprising, because previous studies have shown this cause as the most frequent in rural areas in Spain and in Portugal (Lourenço *et al.*, 2013; Nunes *et al.*, 2014; Rodríguez, 2001; Vélez Muñoz, 1986), as it is also investigated the high rate of fire by lightning in the Northern west area of the Ayllón massif (Acebrón, 2017; González Márquez, 2006). It is, however, interesting, that fire activity has developed along such distinct paths in the two massifs, with Estrela having a much higher number of fires and area burned. The reasons for this difference will be discussed later in the text. Nevertheless, it can be pointed out at this stage that both massifs had wildfires larger than 500 hectares before the year 2000, which according to literature points to, inter alia, the changes in LULC and population distribution of the earlier years (Moreira *et al.*, 2011; Pausas & Vallejo, 1999). After 2000, fires in the Ayllón massif were smaller, matching smaller LULC changes in this time period (**Figure 16**). We know that after 2000 the human population declined in both Estrela and Ayllón. It may suggest that the greater

decline in both people and agriculture in Estrela may accounts for the increase in area burned and likely the larger fires (after 2000, 2764 hectares was the maximum fire size in Estrela and 549 hectares was the maximum fire size in Ayllón) (Figure 17). Others have found that the role of the wildfires drivers change over time and scale (Koutsias *et al.*, 2010; Viedma *et al.*, 2018), which had led us to explore the relation between burned area and LULC at the landscape scale of these two massifs through three different time periods.

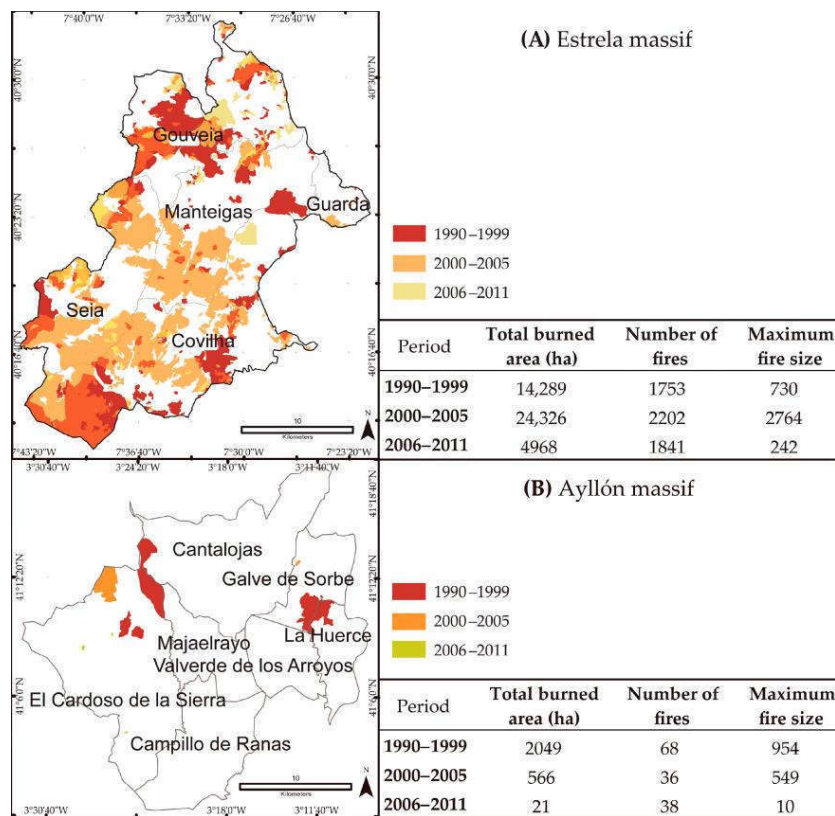


Figure 17. Fire characteristics and burned area for the 1990–1999, 2000–2005, and 2006–2011 periods in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B).

In the Estrela massif, fires occurred selectively in areas of shrubland, pastures, and forest (Figure 18A). Between 1990 and 2000 all three of them were similarly burned, between 2000 and 2006 only shrubland and pastures were similarly burned, and between 2006 and 2012 shrubland areas were the only LULC category preferentially burned. While not statistically significant, as it is based on only three transitions, there seems to exist a positive association between shrubland and fire in the Estrela massif, because even when the burned area was small in one time period, shrubland area increased in that same time period (Figure 18C). Similarly, the associations between fire and both the

forest and agriculture and agroforestry LULCs seem to be negative, with fire decreasing the original areas of these LULC categories as other authors also confirmed for forests (Viedma *et al.*, 2018). In Ayllón, fire also occurred selectively in areas of shrubland, pastures, and forest (**Figure 18B**), but the LULC category that burned the most varied in each period. Between 1990 and 2000 it just occurred selectively in forest, between 2000 and 2006 it just occurred selectively in shrubland, and between 2006 and 2012 it occurred selectively in pastures and shrubland. In this massif there were not continuing trends and fire seems to have become less selective than in the Estrela massif. In general, results are consistent with previous studies suggesting that shrubland and pastures are more fire prone than agriculture (Moreno *et al.*, 2011; Nunes *et al.*, 2005; Oliveira, Moreira, Boca, San-Miguel-Ayanz, & Pereira, 2014), and that forests are less fire-prone with time in Spain (Viedma *et al.*, 2018). There was an interesting difference between the two massifs: until 2006, fire occurred selectively in pastures only in Estrela, and after 2006 it occurred selectively in pastures only in Ayllón (**Figure 18A,B**). On the one hand, in Central Spain pastures tended to burn more as time goes (Viedma *et al.*, 2018). On the other hand, pastures selectivity differences are likely explained by the association between fire and livestock activities. In the Ayllón massif, the number of livestock units (according to the census of agriculture (INE - Statistics Portugal; INE - Statistics Spain)) and area of pastures are both higher than in Estrela, which could limit the amount of available fuel to burn making fire less needed for managing pasture vegetation. Conversely, in Estrela, where there is less livestock units, there is a higher rate of fuel accumulation and more burning is needed to maintain pastures. This view is supported by fire-smart management strategies, either by prescribed burning linked with the pastoral activities (Fernandes, 2013; Prichard, Stevens-Rumann, & Hessburg, 2017) and by livestock husbandry of ruminant animals (Castro, Castro, Sal, Quinta, & Apolónia, 2009; Moreira & Coelho, 2008), and highlights the importance of the different socio-economic contexts.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

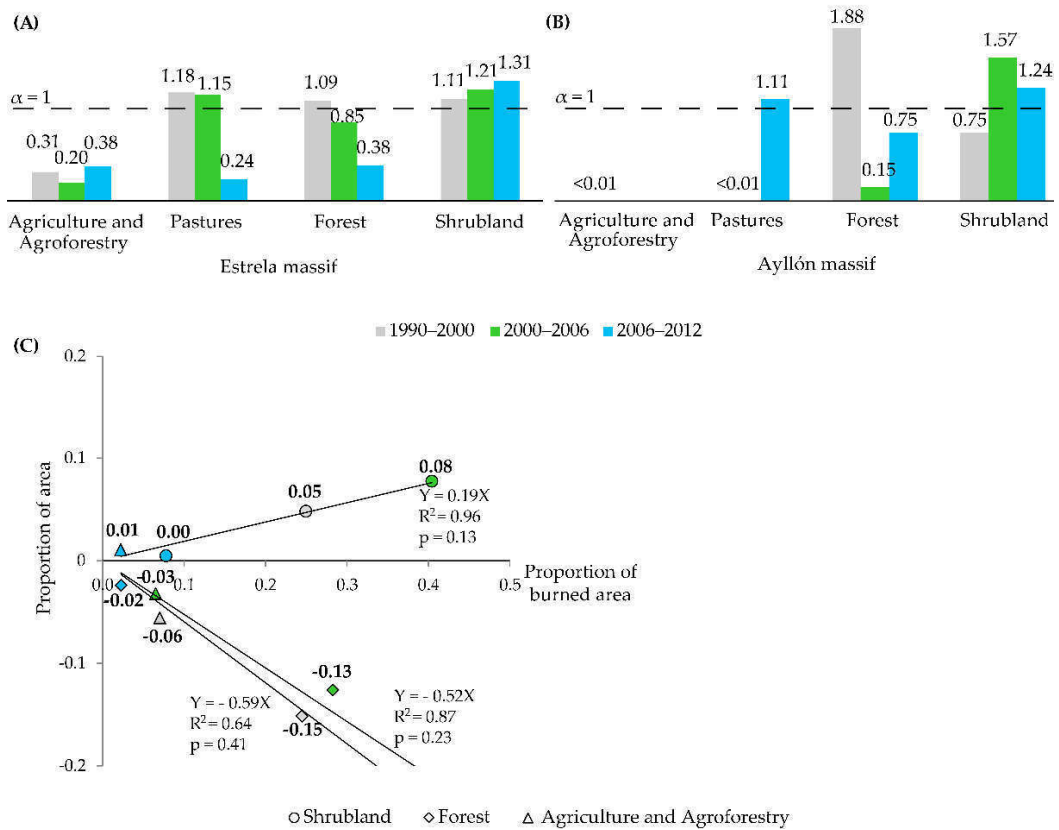


Figure 18. Fire selectivity index, based on Manly's index (Rego *et al.*, 2019), in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B), and simple linear regression of the relationships between the main LULC categories (shrubland represented by the circle, forest represented by the rhombus, and agriculture and agroforestry represented by the triangle) and burned area in the Estrela massif: proportion of LULC category area increased (positive numbers) or decreased (negative numbers) vs. proportion of burned area (C). The color code is the same for A, B and C.

Our results suggest that fire is associated with LULC changes, which is in line with other studies (e.g., Viedma *et al.*, 2006). In the Estrela massif, the shrubland area increased with area burned, regardless of the initial LULC category. Moreover, the outcome of fire absence was a slight increase in the forest area in all LULC categories except forest (Figure 19A). In Ayllón, fire absence seems to have had the same effect that it had in Estrela, because here there was also an increase in forest, and fire likely favored the increase in shrubland (Figure 19B). On the other hand, in Ayllón, pasture areas have increased, transitioning from all LULC categories without fire, possibly in relation to human activities favoring pasture areas. It differs from Estrela, where many pastures were abandoned and converted to shrubland, likely not because of fire, but because of less livestock grazing activities. In both massifs, the decrease in forest area coincided with burning, and shrubland dominated with or without fire. We conclude that for the

1990–2000 period, when fire occurred selectively in forest in both massifs, the transition from forest to shrubland was caused largely by fire. This dynamic of forest regression supports the linkage between reforestations and fire suggested by various authors (Iriarte-Goñi & Ayuda, 2018; Mather & Pereira, 2006; Oliveira *et al.*, 2017), because the areas burned between 1990 and 2000 were often those reforested in the previous decades. With less area of pastures and agriculture, the landscapes were fire-prone. Our results suggest that after 2000, area burned was not directly related to burning of forest area anymore, but was still a result of the reforestations, by the high flammability of shrubland resulting also from forest conversion. Thus, we think that fire associated with the socio-economic context were likely important drivers of LULC changes in Estrela and in Ayllón, similar to what has been shown for the broader Mediterranean region (Baeza, Valdecantos, Alloza, & Vallejo, 2009; Bajocco & Ricotta, 2008; Silva *et al.*, 2011). Likewise, in accordance to previous studies (Fernandes *et al.*, 2006; Martínez-Fernandéz *et al.*, 2008; Moreira *et al.*, 2011; Nunes, 2012; Pausas, 2006; Rego *et al.*, 2013; Viedma *et al.*, 2006), we found evidence that burned area influenced (positive or negative) LULC. This was likely a two-directional relation, because we also found that each LULC category burned differently, and that mosaics composed of more patches of agriculture (in Estrela), and agriculture and pastures (in Ayllón), were less likely to burn as has been suggested for other areas because fuel is not continuous (Barros & Pereira, 2014; Moreira *et al.*, 2009; Moreno *et al.*, 2011; Sebastián-López *et al.*, 2008).

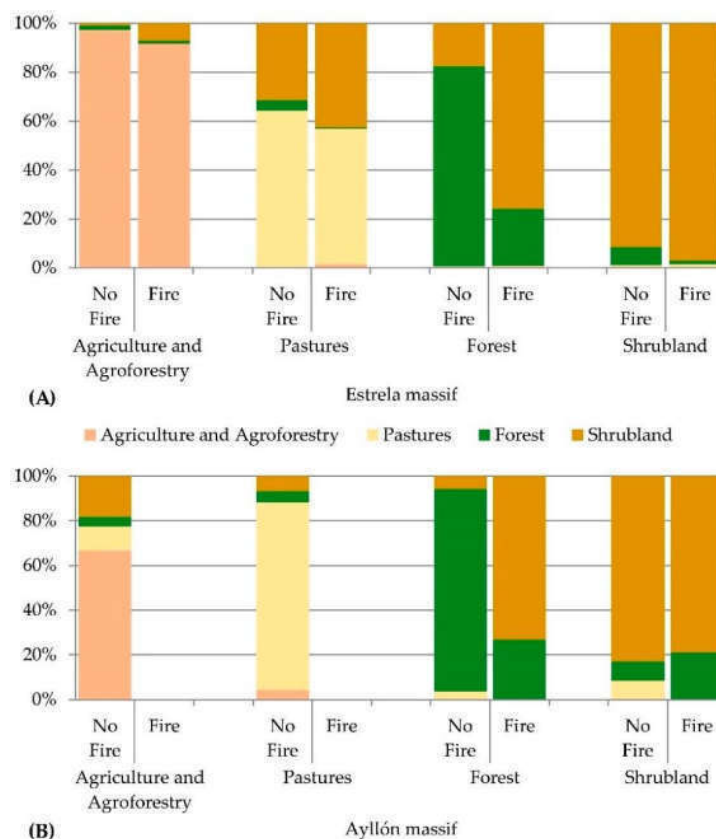


Figure 19. LULC transitions in areas with and without fire in 1990–2012 (weighted average of burned area for the 1990–2000, 2000–2006, and 2006–2012 periods), in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B).

5.1.4 Forest composition changed through time, and fire and forest composition are related

FC distribution over time varied between the two ends of the Central Mountain System. In the Estrela massif, most forests were dominated by *Pinus*, while in the Ayllón massif forests were dominated by *Pinus* and *Quercus* (Figure 20). Our results showed that as forest area decreased until 2005 in the Estrela massif, there was less *Pinus* and more *Quercus* and Other broadleaved, namely, *Eucalyptus* (Figure 20A). The large reforestation in the Estrela massif that started in the first decades of the 20th century used *Pinus pinaster* as the main species (Devy-Vareta, 1993). Later, around 1989, stands started being replaced by other *Pinus* species, *Quercus*, *Castanea*, *Fagus* and other tree species (Barjona de Freitas, 1989), but *Pinus* stands remained dominant over most of the forest area. As discussed in the above section, from 1990 there was in Estrela a decrease in the fire selectivity of forest, which may be connected with the change in forest composition. The FC in the Estrela massif has two kinds of stands that are in opposite sides of fire proneness: *Pinus* forests, which are very prone to change due to fire;

and, *Quercus* stands, which are characterized by lower flammability (Gonçalves & Sousa, 2017; Silva, Vaz, *et al.*, 2010). *Pinus* dominated most of the forest area in the Estrela massif in all times, but the decrease in conifers and increase in broadleaved may have been one of the triggers to reduce fire selectivity of forest LULC category. Although this assumption seems coherent with the literature (Barros & Pereira, 2014; Nunes *et al.*, 2005), we cannot confirm it because the format of the forest composition data in Estrela (grid points) does not allow overlapping FC and burned areas. In Ayllón, FC changed between 1971 and 2002. For the 1971–1991 period, *Pinus* increased, but in the following period, FC almost returned to its original composition (**Figure 20B**). Here the reforestation was carried out mainly with *Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster* and *Pinus nigra* in continuous and solid mono-specific stands, and at the same time, fire was forbidden as a management tool (Montiel-Molina, 2013a). These new stands started competing with the prior *Quercus* stands that were very well adapted to the site and in some places the reforestation was not successful. Reforestation resulted in simple stand structure and homogeneity was enhanced, which increased the wildfire risk (Ioannis, Diofantos, Jacob, Hanspeter, & Giovanni, 2018; Lasanta, 2005; Lloret *et al.*, 2002; Viedma *et al.*, 2018).

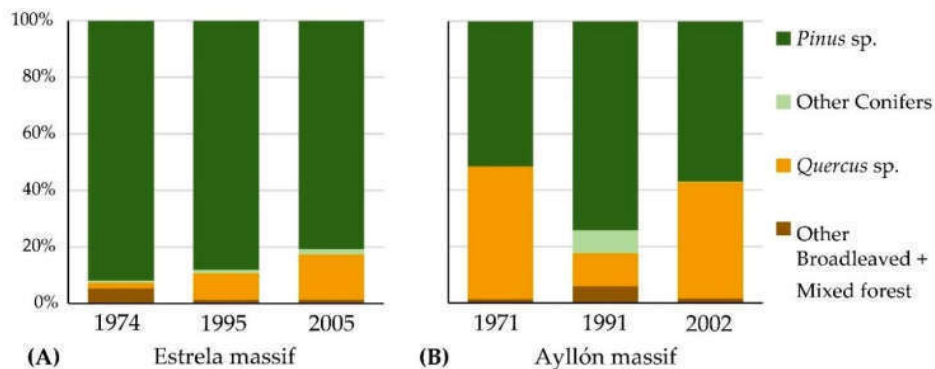


Figure 20. Forest composition (percent of total land area) in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B).

When we analyzed fire selectivity in the Ayllón massif in the two wider classes of FC (Broadleaved + Mixed forest and Conifers), our results showed that between 1971 and 1991, conifers was the only forest category selected by fire and its index was high (2.20) (**Figure 21A**). Nevertheless, it is curious that in 1971 nearly half of the total area was broadleaved (*Quercus*) and this category was not selected at all by fire (**Figure 20B**),

but this result is consistent with the literature that refers to the higher flammability of conifers compared to broadleaved or mixed forests (Pereira, Aranha, & Amraoui, 2014; Rego & Silva, 2014; Silva *et al.*, 2009). After that, for the 1991–2002 period, which coincides with the higher selectivity index for forest compared to other LULC categories (**Figure 18B**), both conifers and broadleaved + mixed forest were equally selected by fire. Likely because fires in this period were larger (see maximum fire size in **Figure 17B**), the selectivity of fire decreased (Barros & Pereira, 2014; Nunes *et al.*, 2005). Concerning the FC changes, fire decreased broadleaved stands and increased conifers and shrubland areas in original areas of broadleaved between 1971 and 2002 (**Figure 21B**). In the original areas of conifers, fire promoted an increase in conifers compared with the no fire situation for the 1971–1991 period. After 1991, fire promoted transitions to other categories other than forest. The fact that until 2002, according to our results, conifers changed much less than broadleaved may suggest that conifers were more fire-adapted and more resilient in Ayllón than broadleaved, which is also in accordance with literature (Fernandes, 2013).

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

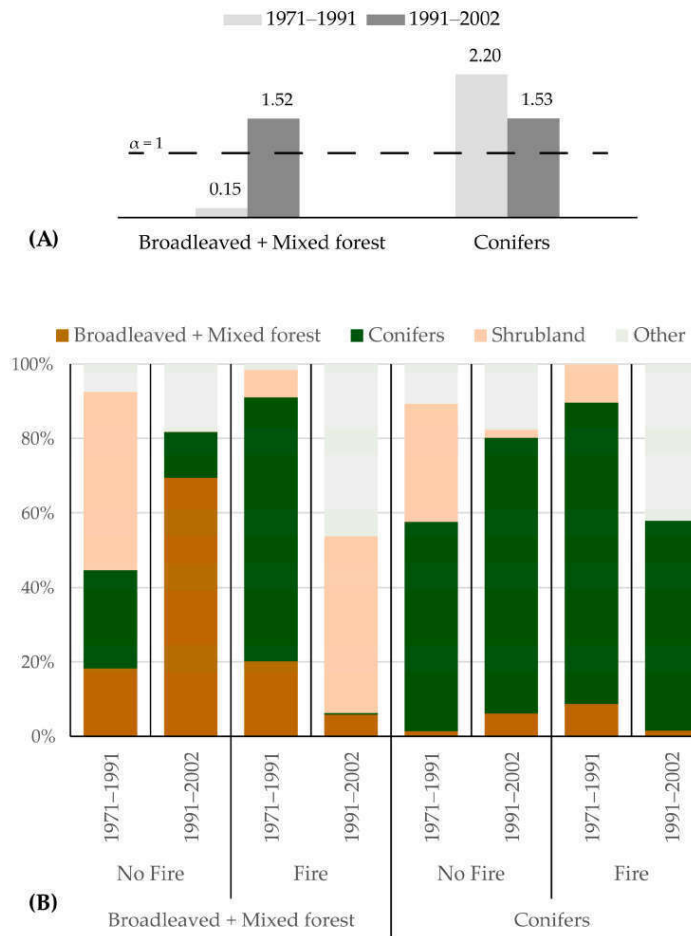


Figure 21. Fire selectivity index in the Ayllón massif, based on Manly's index (Francisco Castro Rego *et al.*, 2019) (A) and Forest composition transitions in areas with and without fire in the Ayllón massif for the 1971-1991 and 1991-2002 periods (B). Here, we joined *Quercus* sp. plus Other Broadleaved + Mixed forest in one bigger class named "Broadleaved + Mixed forest", and we joined *Pinus* sp. plus Other conifers in another bigger class named "Conifers".

Overall, our results were in accordance with other studies that focused on LULC changes and fire in the mountainous areas of the Mediterranean Basin, especially in the Iberian Peninsula (e.g., Viedma *et al.*, 2006)). Others highlighted the outcomes of the processes of human population decline in rural areas; coercive reforestations carried out above all in common lands, municipal lands, and pasturelands; change of the markets demands after entering the EU; and land abandonment. Fire was important in both massifs and the changes in landscape are associated with different drivers of fire in different time periods as suggested by Viedma *et al.* (2018) for another massif within the Central Mountain System. Changes in the traditional rural system and the development of the tertiary sector of the economy, including the tourism requirements, have likely played a major role in the contrasting fire regimes in these two massifs. The increased

area of shrubland in Estrela, and its decrease in Ayllón, associated with a higher fire frequency and larger fires, may indicate that fires likely have contributed to a less resilient forest in the Estrela massif when compared to the Ayllón massif (Viedma *et al.*, 2006). While the new rural system in Ayllón is still somehow connected with the old traditional activities (livestock grazing), in Estrela the more developed area belongs to the tertiary sector, which is far from the old traditional activities. This highlights how two areas belonging to the same region and subjected to successive changes imposed by their socio-economic exterior context (national and European) had developed differently.

5.1.5 Conclusions

In the Central Mountain System, there has been a dynamic and close interaction between LULC and fire since the second half of the 20th century. Using a landscape scale of empirical analysis, we were able to validate our initial hypotheses. We found that (1) fire likely affected LULC transitions and that (2) LULC influenced fire selectivity as different LULC categories had different fire proneness in both the Estrela and Ayllón massifs. There was a close resemblance in both case study areas in what concerns the overall influence of fire in the LULC transitional processes, but pasture areas differed (less prone to change to other categories, and more prone to transition from other categories in Ayllón than in Estrela), highlighting the different social-ecological systems of the two case study areas. Future work should further explore other forces driving current and historical fire frequency, particularly the climate and the social factors that will likely explain the differences found for two areas with regional and biophysical similarities. Our results suggest that LULC dynamics and fire are mostly affected by local scale disturbances, and that both can be influenced by regional and national policies. Given these multiple interactions, careful planning and conscious fire management are important for obtaining local results.

5.2 INVESTIGACIÓN SOBRE EL RÉGIMEN HISTÓRICO DE FUEGO EN LOS DOS EXTREMOS DEL SISTEMA CENTRAL:

5.2.1 Historical fire records at the two ends of the Iberian Central Mountain System: Estrela massif and Ayllón massif

Historically, humans have been using fire as a management tool to explore new territories and to adapt them to their changing lifestyle (Costa, Castellnou, Larrañaga, Miralles, & Kraus, 2011a; Tedim, Xanthopoulos, & Leone, 2014). In the Iberian Peninsula, there is evidence of anthropic activity related to fire uses since the middle Pleistocene (López-Saéz *et al.*, 2014; Pausas & Keeley, 2009; Raposo & Santonja, 1995) and fire use practices for different management purposes have always been at the origin of wildfires (Badia, Pèlachs, Vera, Tulla, & Soriano, 2014; Carracedo Martín, 2015). The Central Mountain System is one of the areas most affected by wildfires, not only because of its Mediterranean climate but also because of its strategic location and its history of human occupation and fire uses (Araque Jiménez *et al.*, 1999; López-Saéz, Vargas, *et al.*, 2018; Robles-López *et al.*, 2017; Schmuck *et al.*, 2015). Human-caused wildfires are the most frequent in this mountain region (Camarero *et al.*, 2018; López-Merino, López-Saéz, Alba-Sánchez, Pérez-Díaz, & Carrión, 2009; Montiel-Molina, 2013a), including arson, accidental fires and negligent fires (Leone, Lovreglio, & Martínez-Fernandéz, 2002). The fundamental causes of wildfires can only be understood when considering past socio-economic and territorial dynamics related to fire use practices (López-Saéz, Abel-Schaad, *et al.*, 2018; Montiel-Molina, 2013b; Moreno *et al.*, 1998). Nevertheless, knowledge regarding fire history and its contextual factors is still limited (Ganteaume *et al.*, 2013) since wildfire statistics have only been recorded for both Portugal and Spain beginning in the second half of the twentieth century (Lourenço & Malta, 1993; Vélez Muñoz, 2009).

As the fire regime includes the patterns of fire occurrence and size, analysis of how these regimes evolve over time often requires a longer-term perspective. This is particularly true in this case, since fire-use practices have changed in line with lifestyles and political and socio-economic systems (Montiel-Molina, 2013b) and fire history has not been linear during the nineteenth and twentieth centuries. Those human aspects, plus the environmental context (topography, vegetation type and fire weather), constitute the factors influencing fire occurrence, and are therefore directly related to

human-caused wildfires (Montiel-Molina & Galiana Martín, 2016; Rodrigues, de la Riva, & Fotheringham, 2014).

Often when analyzing changes in fire regimes, the spatial scale is either national (Martínez-Fernández *et al.*, 2008; Vilar *et al.*, 2016) or regional, considering municipalities as the basic spatial unit (Moreno *et al.*, 2014; Viedma *et al.*, 2015b), and the time scale is based on the statistical period. However, these scales are not entirely suitable to understand the relationships between wildfire causes and the socio-spatial context. In the case of the Central Mountain System, extending more than 500 kilometers from southwest to northeast, from the Estrela massif in Portugal to the Ayllón massif in Spain, the socio-economic and cultural characterization varies widely from one place to another according to local systems. Thus, knowledge of the locations is needed to understand the wildfire causes and the fire regime, which entails a local scale of analysis (Beilin & Reid, 2015; Magalhães *et al.*, 2017; Paniagua, 2009).

It would be interesting to determine whether the differences in the environmental, political and socio-economic contexts are enough to generate different human causes of wildfires as well as distinct associated fire regimes. Comparing the two ends of the Central Mountain System, the Estrela and Ayllón massifs, will allow us to evaluate the importance of contextual factors in how fire regimes evolve, to map the current geography of this environmental risk, and understand the core challenges for rural mountain scenarios on the Iberian Peninsula.

Previous studies addressed the presence of fire at both ends of this natural region. Among other issues, they analyzed vegetation evolution over time using paleopalynological and paleobotanical methodologies (Abel-Schaad & López-Sáez, 2013; Franco Múgica *et al.*, 2001; Franco Múgica, García Antón, & Sainz Ollero, 1998; Gil García, 1992; Hernandez Vera & Ruiz Zapata, 1984; Janssen & Woldringh, 1981; López García, 1978; Ruiz Zapata, Andrade Olalla, Gil García, Dorado Valiño, & Atienza Ballano, 1996; van Den Brink & Janssen, 1985; van der Knaap & van Leeuwen, 1997, 1995), or forest progression (López Gómez, 1980), specifically including changes in public forests in the province of Guadalajara during the nineteenth and twentieth centuries by analyzing historical documentation (Morcillo San Juan, 2001); past fire

evidence in the territory through charcoal analysis (Connor *et al.*, 2012; López-Sáez, Vargas, *et al.*, 2018; Morales-Molino *et al.*, 2013) or using documentary archives from throughout the twentieth century in Portugal (Macedo & Sardinha, 1987), forest fire database analysis (Castellnou, Miralles, & Molina, 2009; Lourenço *et al.*, 2013; Meneses *et al.*, 2018), or documentary newspaper sources throughout the nineteenth and twentieth centuries focusing precisely on fire regimes on a regional scale in the Central Mountain System (Araque Jiménez *et al.*, 1999; Montiel-Molina, 2013b). However, none of the studies includes the three criteria applied here: use a local scale of analysis to look at the subject of fire regimes and practices of fire management in greater depth, and set in the nineteenth and twentieth centuries.

The aim of this section is to clarify the underlying causes of wildland fires and to assess how contextual human and environmental factors have influenced fire regime changes throughout the nineteenth and twentieth centuries at both ends of the Central Mountain System. Our hypothesis is that any disruption within the social-ecological system trigger an abrupt shift in fire regime. This is a quite novel approach to fire regimes variation research. Previous studies consider that fire regime change is mainly due to fuel load accumulation related to the abandonment of land management systems since the mid-twentieth century (Fernandes, Guiomar, Loureiro, & Barros, 2014). Our hypothesis also allows a century-scale broader approach for a global understanding of recent fire regime transitions.

5.2.2 Reconstruction of fire history

Even though fire statistics only started in the second half of the twentieth century for both Portugal and Spain, it was possible to reconstruct the fire history for both ends of the Central Mountain System from 1768 to 1979 using geohistorical sources – 1925 to 1979 for the Estrela massif and 1768 to 1979 for the Ayllón massif (**Table 18**). Most of the information was obtained from administrative documents gathered in the forest services and historical archives, while municipal archives just provided records for the Ayllón massif (**Figure 22**). In fact, documentary sources rarely report wildfires prior to the twentieth century in Portugal (**Figure 23**), which does not mean that fire was not present

in the territory. Instead, it is possible that some fires were not recorded because they did not represent significant socioeconomical losses at the local scale (Montiel-Molina, 2013).

Table 18. Number of fire records for each type of archive.

Century	Type of Archives												Total
	Historical			Forest services			Municipal			Libraries			
	18 th	19 th	20 th	18 th	19 th	20 th	18 th	19 th	20 th	18 th	19 th	20 th	
Estrela massif	-	-	25	-	-	28	-	-	-	-	-	30	83
Ayllón massif	1	-	14	-	16	1	1	4	11	-	10	3	61
Total	40			45			16			43			144

Sources: Complutense University of Madrid FHD. Own elaboration.

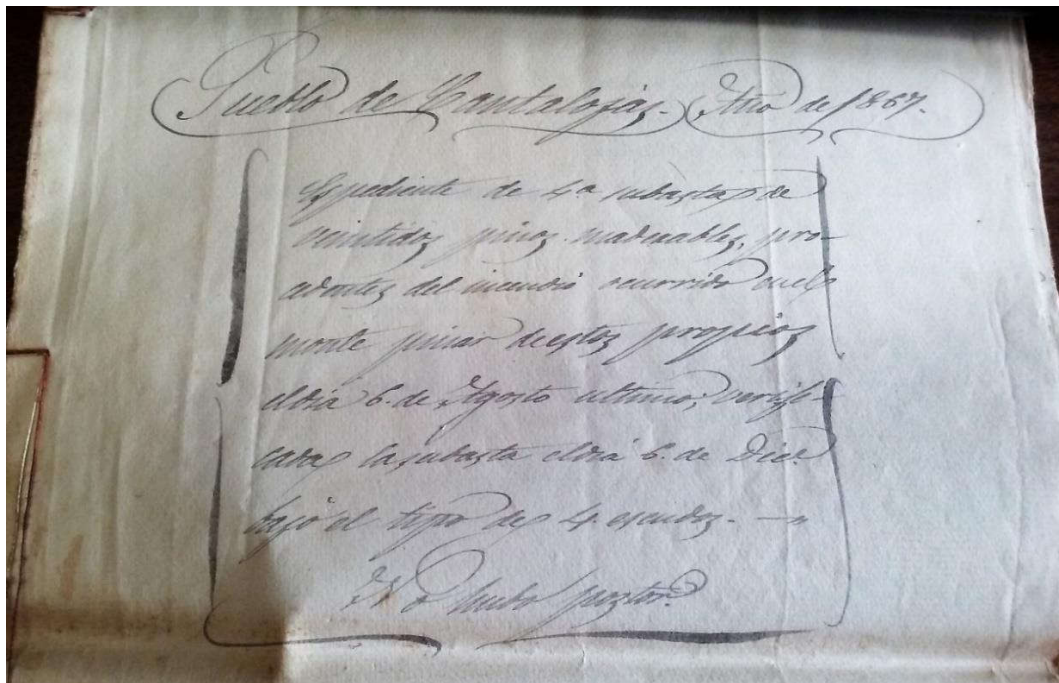


Figure 22. Cantalojas Municipality record of an auction of 22 timber pine trees from a rural fire occurred on August 6, 1867 at Monte Pinar. Source: Cantalojas Municipal Archive, File "Documents 1870-1893" Credits: Authors, 2016.

The Estrela massif is considered to be one of the most fire-prone areas in Portugal (Connor *et al.*, 2012; van der Knaap & van Leeuwen, 1995). From the second half of the twentieth century onward, the number of wildfires frequently exceeded its average number for the complete historical period. Even if the accepted shift for the Portuguese fire regime came in the nineteen seventies (Ferreira-Leite *et al.*, 2013), this took place one decade earlier in the Estrela massif, where 1961 and 1967 were critical years in terms of ignitions. Furthermore, large wildfires have mainly been recorded since 1967, when three wildfires burned more than 700 hectares of pine stands and shrubland in the Covilhã municipality. In the Ayllón massif, there is a similar temporal pattern for burned surface area, with two exceptional years in 1970 and 1978, when two and three wildfires burned more than 900 and 700 hectares respectively, but fire occurrence is higher at the end of the nineteenth and beginning of the twentieth centuries. Consequently, the first pyrotransition was only evident at the eastern end of the Central Mountain System, and the second one was stronger in the western end (**Figure 24**).

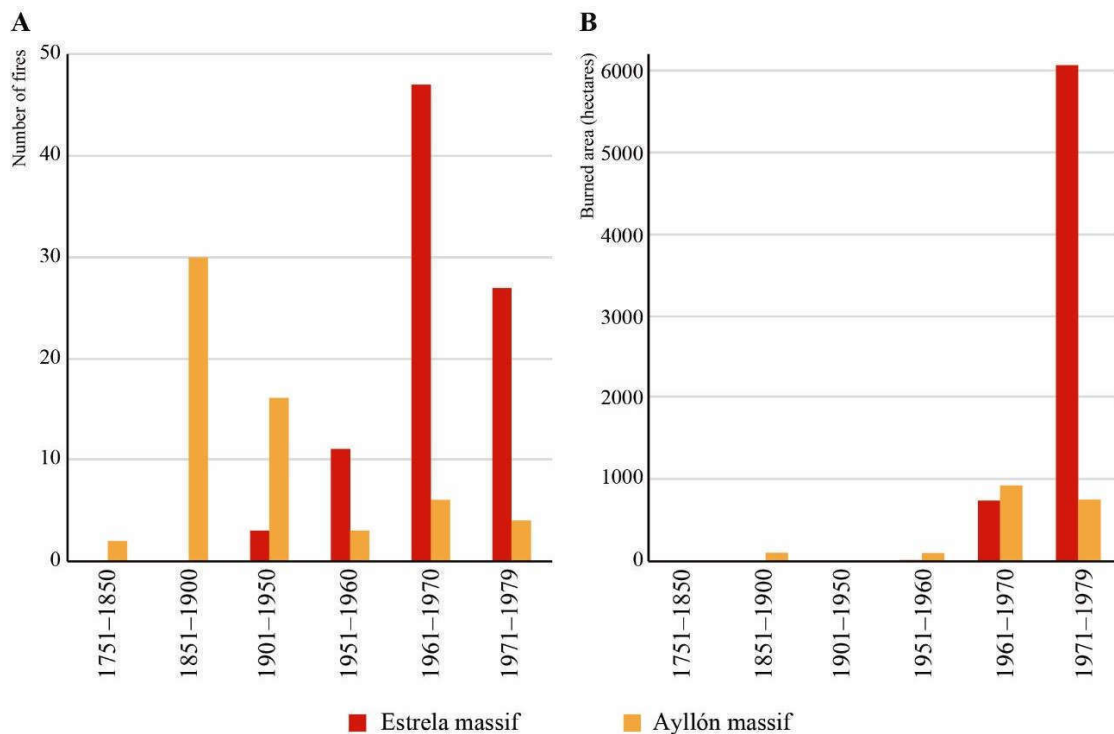


Figure 24. Number of fires (A) and burned area (B) in the period 1751-1979 (Estrela and Ayllón massifs). Sources: Complutense University of Madrid FHD. Own elaboration.

In Estrela, most of the burned area was pine stands (particularly *Pinus pinaster*) and shrubland, and the majority of the burned stands were between ten and sixty years

old. In Ayllón, the type of vegetation affected was slightly different, since it was shrubland and pasture vegetation above all, plus afforestation pines and oaks. The majority of losses were reported in terms of money, demonstrating that, in both massifs, it was not always the fire events with the most burned area that represented the greatest financial burden. In addition, it should be noted that the highest reported losses were particularly on public property, partly because these properties were managed by the forest administration following cost-effective forest planning management.

During the statistical period (1980-2000), fire records were quite different at either end of the Central Mountain System. In comparison with the 1731 wildfires recorded in the Estrela massif, only 123 wildfires were recorded in the Ayllón massif, and the average burned area was much higher in the Estrela massif than in the Ayllón massif. The annual evolution also differed in both areas. In the Estrela massif, there was an initial peak in the number of fires in 1985 and then others peaks took place (**Figure 25**).

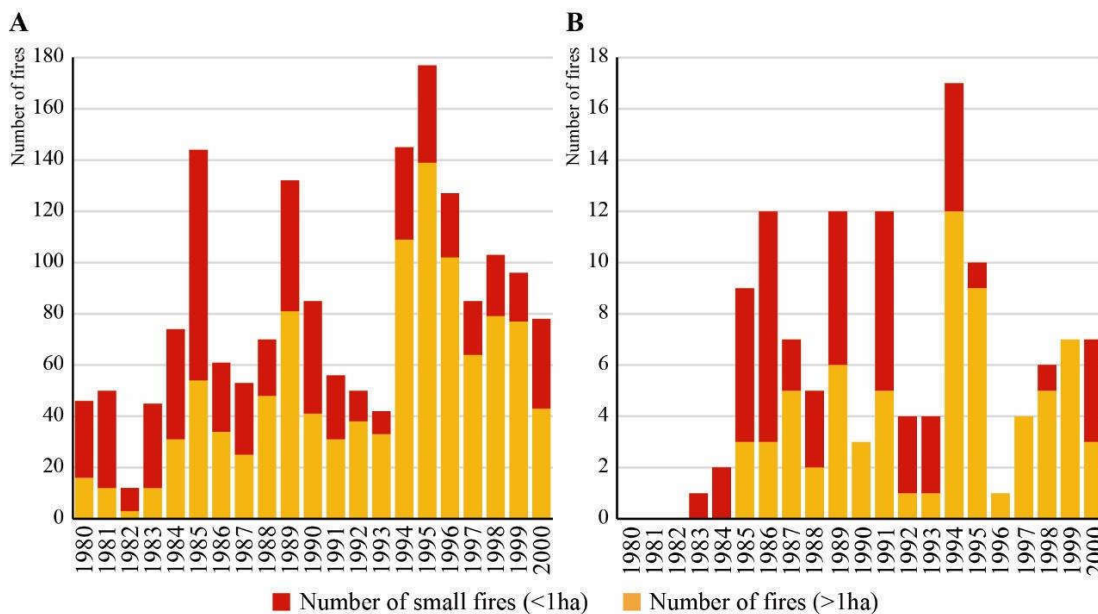


Figure 25. Number of fires in the period 1980-2000 in massif (A) and in Ayllón massif (B). Sources: EGIF and ICNF Fire database. Own elaboration.

The ignitions trend in the Ayllón massif is more irregular and the surface area burned is non-significant, except for 1986 and 1991 when the large wildfires recorded two maximums, both one year after similar maximums in the Estrela massif peaks (**Figure 26**).

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

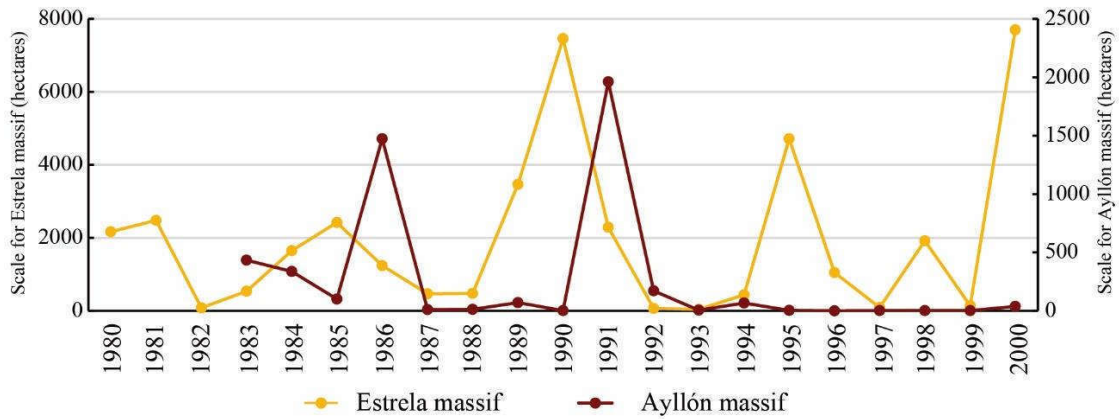


Figure 26. Burned area (hectares) in the period 1980-2000 (Estrela and Ayllón massifs). Sources: EGIF and ICNF Fire database. Own elaboration.

The causes of fire changed significantly between the historical and the statistical period at both ends of the Central Mountain System. In the Estrela massif, most historical wildfires were intentional or due to negligent use of fire. A small proportion of fires stemmed from natural causes or burning activities for pasture renewal, agriculture or forest activities (**Figure 27**).

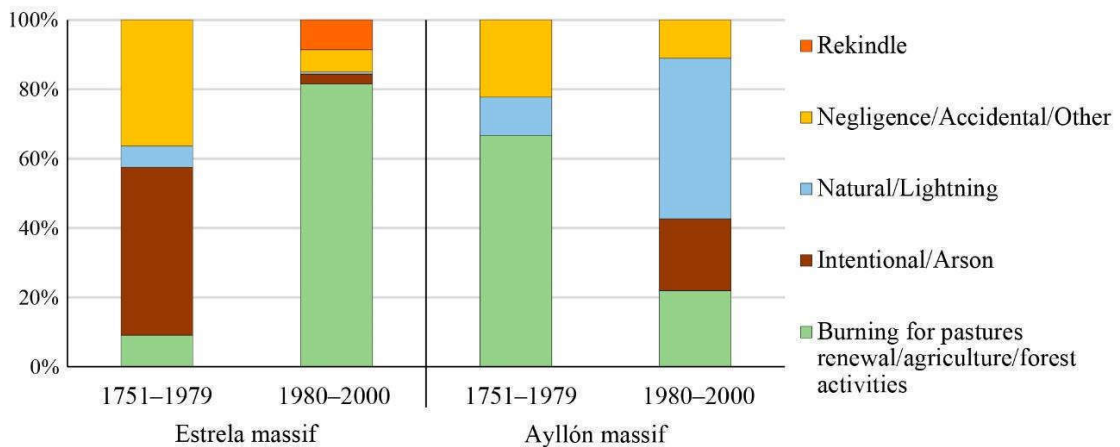


Figure 27. Causes of fire in the two ends of the Central Mountain System in the periods 1751-1979 and 1980-2000. Sources: Complutense University of Madrid FHD. Own elaboration.

On the contrary, after 1980, pastoralism, agriculture or forest activities were the dominant cause of wildfires above all the rest, as was the case throughout the Guarda District (Lourenço *et al.*, 2013). In Ayllón, the main causes of wildfire were the use of fire in burning activities for pasture renewal, agriculture and forest activities, and negligence. This area was also characterized by a high number of natural wildfires, i.e., lightning. In turn, in the Estrela massif the larger number of fire ignitions were caused by humans. However, the most remarkable aspect is that wildfires related to fire use for

rural activities decreased and intentional wildfires started playing a stronger role during the statistical period at the eastern end of the Central Mountain System, just the opposite to the western end. The main reasons for this contrast are socio-ecological contexts and national regulations.

5.2.3 Historical fire scenarios: the influence of contextual factors on fire occurrence through history

A historical fire scenario is a set of historical landscape drivers of wildfire, i.e., the past territorial dynamics that contextualize their contemporaneous fire regimes. The contextual factors analyzed in this section are land use, population, and land management practices.

The general land use trend in the Estrela massif and in the Ayllón massif since the end of the nineteenth century has seen forest area progressing against shrubland and pastures, although featuring some local particularities (**Figure 28**).

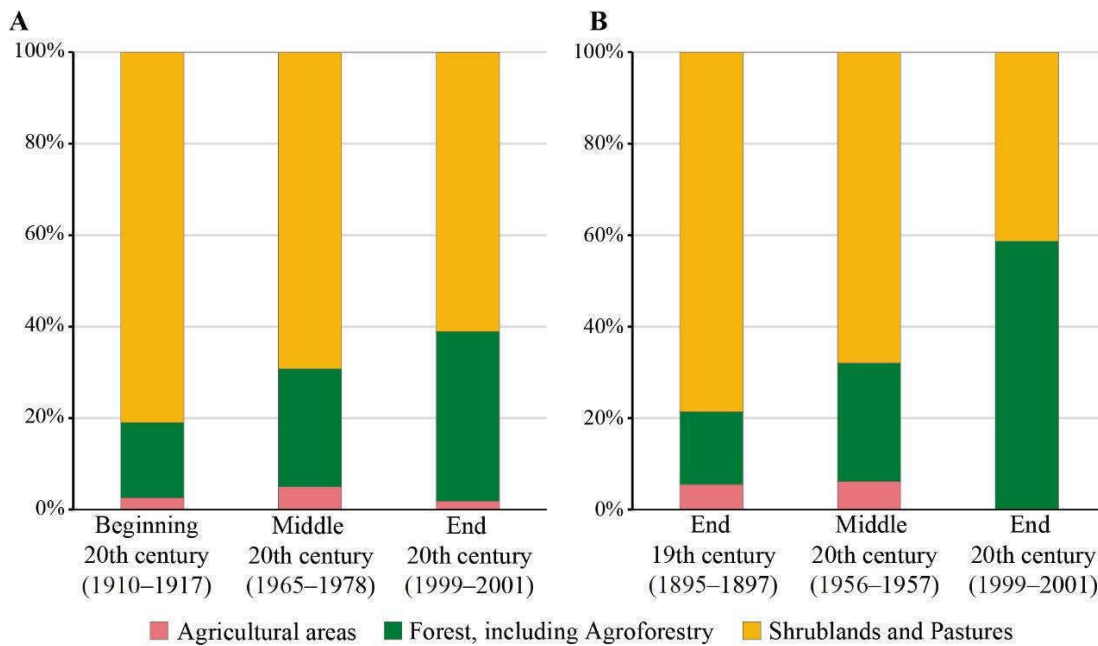


Figure 28. Land use changes in Estrela massif (A) and Ayllón massif (B). Own elaboration.

In the case of Manteigas, it has been strongly influenced by the first afforestation plan implemented since the transfer of the land to the National Forest Service in 1888, and also since the law on Forest Regime came into force in 1901, which focused more on hydrological and soil conservation issues. Furthermore, the Afforestation Plan campaign of the New Regime (1938) led to completely occupying land either for crops or for

afforestation purposes. Nevertheless, a few decades later, the relationship between rural society and territory changed. Agriculture lost its relevance in the Portuguese economy and society and the traditional rural organization system was transformed (**Figure 29**). This brought rural abandonment (less cultivated land, and less working population) (Baptista, 2010; Fernández & Corbelle, 2017), which led to a higher accumulation of fuels in forests. This, together with the previous mono-specific afforestation campaign, favored the spread of wildfires (Oliveira *et al.*, 2017). After this shift (Torres *et al.*, 2016), agricultural production and productivity increased because of technological advances, and agricultural statistics show that the number of farms increased from 1989 to 1999, alongside the farming community, that was still more focused on animal production. Nevertheless, as the results show, the number of fires increased as well as the number of years that had unexpected fire events.

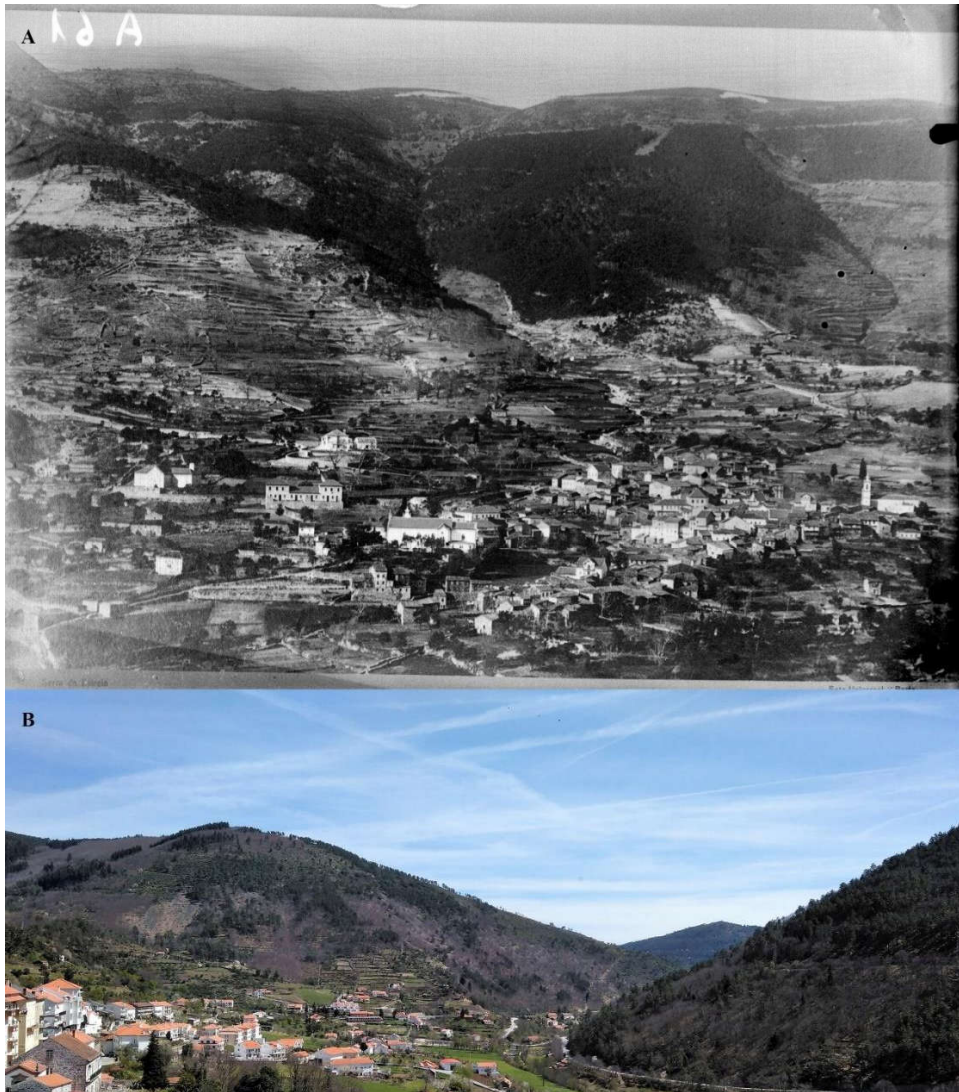


Figure 29. Two photographs of the surroundings of Manteigas town, at the glacial valley of the river Zezere, Estrela massif, at different times. Pine trees at the hills and agricultural structures close to the town can be seen, much more agricultural areas in the first photograph. Source: Photograph Service of the O Século Journal, Album nr 194, dates between years 1921 and 1928. Torre do Tombo National Archive, DigiArq, PT/TT/EPJS/SF/001-001/0194/A0061 (A); Credits: Authors, 2017 (B).

In the Sorbe and Jarama case studies, in the fourteenth century (in Alfonso XI's third book or *Libro de Monteria*) forest wildlife was abundant and Sorbe was referred to as wild bear and wild pig territory. However, later in the second half of the sixteenth century (in Felipe II's *Relaciones Topograficas*), few forests were mentioned and the vast majority were turned into pastures, largely due to the increasingly powerful *Mesta* (nationwide association of sheep ranchers in the Crown of Castille land that lasted until the beginning of the nineteenth century) requirements and their incompatibility with large forests. In the eighteenth century, the area was heavily deforested, and most of the

forest was turned into communal wastelands for grazing. Pines were more abundant in the Galve de Sorbe area than in the rest of the area, according to the *Catastro de Ensenada* (land registry). In the nineteenth century, and according to the Madoz's Geographic, Statistical and Historical Dictionary of Spain, there were pines, heaths and shrubs, and wood was extracted for domestic use, commerce (charcoal to supply Madrid), and other purposes (Hernando & Madrazo, 2016). The greatest degradation of forests occurred with the disentailment process because this involved extensive logging to make them suitable as farmland, which increased the number of fires (Iriarte-Goñi & Ayuda, 2018; Vadell, de Miguel, & Pemán, 2016). This last period corresponds to setting up the Forest Administration in Spain, when protection and custody processes began for the towns and local authorities' forested land. In terms of laws, it appeared in the First Forest Law of 1863 and its first reform in 1957 and other subsequent reforms once in the twenty-first century.

The population at either end of the Central Mountain System increased in the twelfth century, coinciding with the construction of monasteries and castles for protection against Muslims and Arabs. Nevertheless, from the second half of the nineteenth century, population has always been scarce by district/province standards (Figure 30).

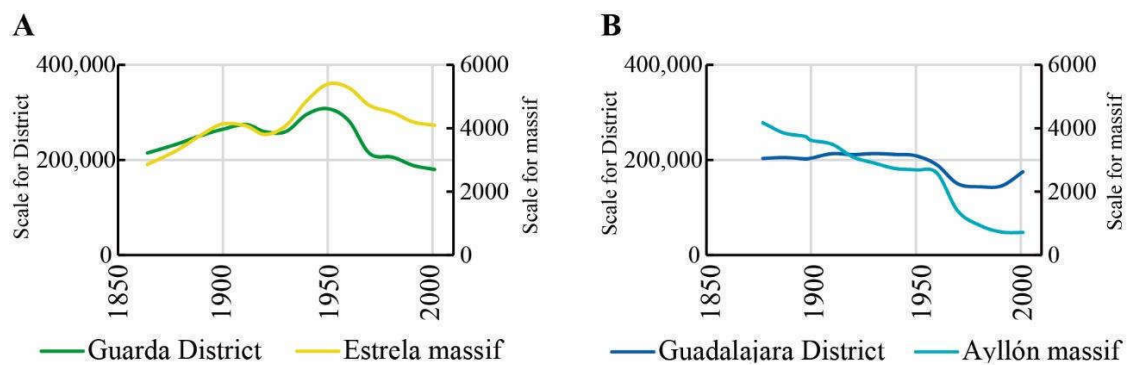


Figure 30. Number of inhabitants in Estrela massif (A) and in Ayllón massif (B). Source: Portuguese population census (INE, Portugal) and Spanish population census (INE, Spain). Own elaboration.

In Portugal, statistics show that the average number of inhabitants in Manteigas has always been low and the downward trend in population growth after the sixties followed the same trend as the District of Guarda. In the Ayllón massif, growth trends did not always follow the Province of Guadalajara. The population in the Province rose

after 1981, due to the metropolitan dynamics of the urban region of Madrid, but in the massif, population growth moved against this trend, even though some municipalities were annexed in 1970 and 1981, which increased the number of inhabitants. In both cases, population declined most numerically in the sixties, seventies and part of the eighties due to emigration processes and rural exodus (Galvão & Devy-Vareta, 2010; Paniagua & Hoggart, 2001), which coincide with the increase in burned area.

At both ends of the Central Mountain System, local societies were rural mountain communities, which lived off subsistence farming (cultivation of cereals and potatoes), raising livestock and of the transhumance of wool livestock, although the latter was much more important in Spain than in Portugal. In the Estrela massif, the grazing system of transhumance (i.e., migratory herding) for wool production lasted until the beginning of the twentieth century from the Estrela massif in summer to the Alentejo area in winter. After that, there was still transhumance but confined to the mountain area and the core production switched to traditional sheep's cheese where the average production property was a small-scale family milk production facility (Martinho, 1981). Livestock units were abundant in Manteigas through the nineteenth century, reaching a peak at the end of the nineteenth century boasting more than 16,000 units (**Figure 31**).

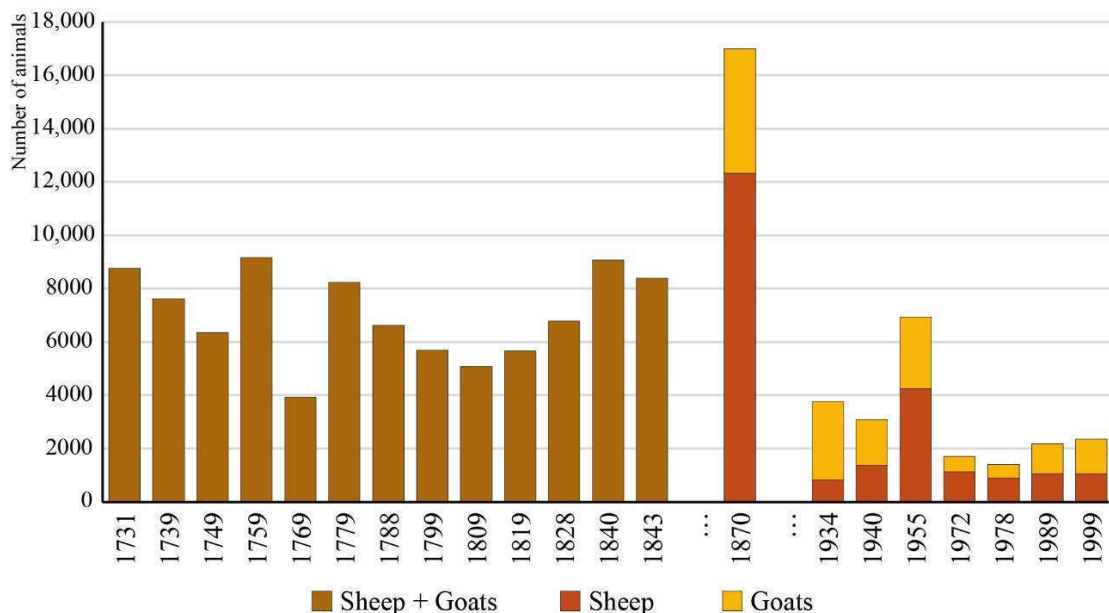


Figure 31. Livestock (annual number of sheep and goats) in Estrela massif. Sources: Manteigas municipal archive (annual cattle units) and Portuguese general census of agriculture (INE, Portugal). Own elaboration.

In the twentieth century there was a steep decline in number of livestock, except for 1955, and sheep always outnumbered goats, and still do. Once the Manteigas Forest Perimeter was created (1888) and the Forest Service began the afforestation campaigns, grazing activities began to decline as logging increased (**Figure 32**).

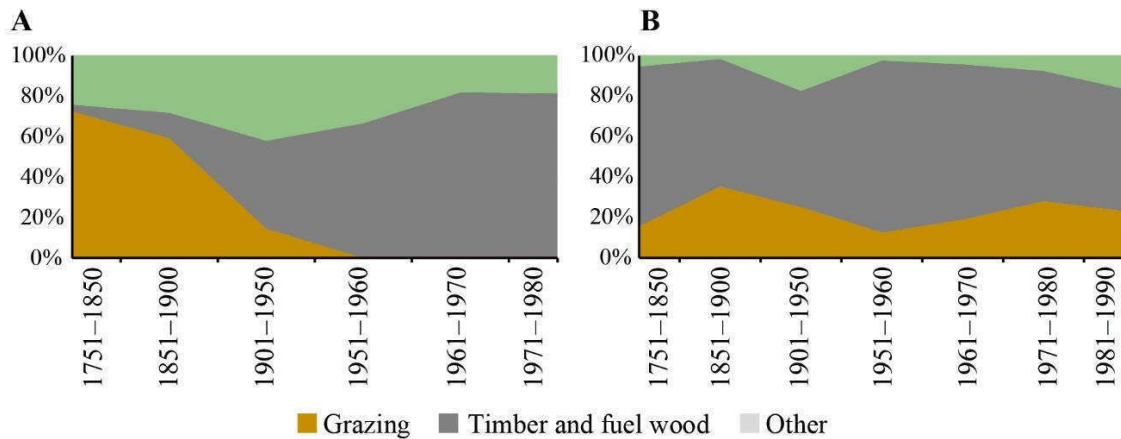


Figure 32. Changes in forest uses in Estrela massif (A) and in Ayllón massif (B). Sources: Municipal archives of Estrela and Ayllón massifs - forest management documents. Own elaboration.

This is also supported by records of complaints by several shepherds found in the minutes of municipal council meetings from that period, in which is said that the grazing fields had become fewer and smaller since reforestation had begun (Manteigas Municipal Council, 1885-1895).

In the Ayllón massif, agriculture (mostly cereal production, namely rye) played a secondary role compared to the livestock activities, especially because the cultivated lands were clayey and stony and production was small in scale, mostly in the more fertile lands (Gómez Mendoza, 1967). Regarding livestock, in the Ayllón massif, and as opposed to the current situation where cows are very numerous, sheep and goats have dominated this rural economy since pre-Roman times, when the large flocks travelled from this area to Andalucía and Extremadura. From the thirties onwards, the number of cows in Ayllón has been increasing, due to a growing trend in open-range livestock grazing for meat production. Goat units decreased significantly, partly due to imposing rural development plans in the sixties. Since this system focuses on grazing activities, the vast number of complaints found from the twentieth century onwards are related to grazing. Before 1930, sheep and goats were much more abundant in the upper Sorbe

(Cantalojas and Galve de Sorbe municipalities) and numbers started decreasing at the end of the forties.

Concerning land tenure, the vast majority of the land was communal and had practically no wage labor in both mountain areas. In the Ayllón massif, at the beginning of the fifteenth century, some forests of the *sexmo of Transierra* were property of the Community of the Town and Land of Ayllón (a very important key element in management of the territory), and half a century later, they belonged to the Marquis of Villena, Lord of Ayllón. According to the *Proyecto de Ordenación del MUP de los propios de Galve* in 1954, there is also evidence of part of this territory belonging to Galve County, bounded with the House of Alba and vague references to a religious order that had possibly been subject to the disentailment process. In any case, they maintained the same type of management authority until the disentailment processes began, when the old feudal system became obsolete and was replaced by a municipal management system, with its Public Utility Forest figure. A comparable process happened in Portugal by means of the legal figure of Forest Perimeters after 1888, when the Forest Service began to take a prime role in forest management.

Finally, the political focus in Manteigas on timber and fuel wood and the rural exodus had made it impossible to maintain the traditional rural livestock system and this is directly related to the fire history. In Ayllón, the traditional rural system had changed in scale but continued to maintain its structure, which enabled a more controlled rise in wildfire-burned area, despite the very pronounced rural exodus that also took place (**Figure 33**).



Figure 33. Photograph of the surroundings of La Huerce town, municipality of La Huerce, Ayllón massif, which is extremely depopulated. The three layers are seen: tree canopy layer (pine tree afforestation, in green), shrubland layer (in red), and ground layer (in orange). Credits: Authors, 2017.

The results obtained show that the evolution of the fire regime in the Central Mountain System during the nineteenth and twentieth centuries was non-linear. On a regional scale, there were two important pyrotransitions: the first at the end of the eighteenth century/beginning of the nineteenth century, when both the number of fires and burned area increased significantly; and a second in the middle of the twentieth century, when large wildfires also became more frequent (Araque Jiménez *et al.*, 1999; Montiel-Molina, 2013b), highlighting the mismatch between the fire regime and the landscape dynamics (Silva, Rego, *et al.*, 2010a). In fact, due to differences in landscape character and dynamics, a certain time lag and specific features for the second pyrotransition can be seen at a local scale at both ends of this mountainous region (**Table 19**).

Table 19. Pyrotransitions in Estrela and Ayllón massifs. Own elaboration.

Massif	Pyrotransitions and their characteristics		
	19th century	20th century	
Estrela		Throughout the 1960s: Increase of the number of fires from the beginning of the decade Increase of burned area at the end of the decade	The middle 1980s: Increase of the number of fires Uncertainty
	End of the 19th century: Increase of the number of fires	The 1970s: Increase of burned area	The middle 1980s: Increase of the number of fires Uncertainty

According to these fire regime changes and considering that fire causes are directly related to socio-economic organization and resource management and protection systems (Montiel-Molina, 2013a), three different stages in the fire regime evolution have been identified in the Estrela and Ayllón massifs throughout the nineteenth and twentieth centuries: (a) before the pyrotransition of the end of the nineteenth century; (b) the first half of the twentieth century, until the second pyrotransition; and (c) the second half of the twentieth century, when another change of fire regime was foreseen in the mid-eighties because of growing uncertainty.

Land use features and socio-spatial structure had a relevant influence on fire regime evolution in each place (Beilin & Reid, 2015; Cabana Iglesia, 2007; Lambin & Meyfroidt, 2010). Actually, one of the main influencing factors is the land management system and its impact on the state of natural resources. Maintenance of pastures for wool production was key to fuel reduction in the Estrela and Ayllón massifs for centuries. However, the decline of this economic sector in the Estrela massif at the beginning of the twentieth century (Marques, 2006) and the subsequent abandoning of pastures led to the progressive accumulation of fuel, in contrast with the situation in the Ayllón massif, where the ongoing grazing activities implied a lower wildfire propagation risk. The increase in the number of fires caused by burnings in Estrela after 1980 demonstrates poor adaptation of the new communities to old traditional farming and grazing activities, which did not happen in the Ayllón massif. In the Ayllón massif, despite the acknowledged changes, rural society was able to maintain its farming system of open-range livestock grazing and consolidate the forestry sector. This was possible because, regardless of changes in land ownership that came with the disentailments (which had social, economic, cultural and ecologic consequences), the majority were able to maintain

their communal character. As such, despite the low index of human occupation and conflicts among inhabitants, forest management significantly reduced the historical incidence of fires in the Ayllón massif compared to its regional context. In Manteigas, the successive regulatory frameworks from the late nineteenth century that changed its landscape dynamics resulted in conflicts between the inhabitants, local power and the Forest Services due to insufficient pasture areas, as well as a high number of fines for forest infractions.

Landscape changes are related to socio-economic and political history (Moreira *et al.*, 2001), and indeed the case studies demonstrate that the change in fire scenarios led to a shift in the fire regime. Just before each identified pyrotransition the system was disrupted (imbalance of the contextual factors that compounded the rural system: land use, population and forest management). Such disruptive events gave way to a new fire regime (rise in the number of fires and burned area, and especially catastrophic fire events) that stabilized for a period, until the next fire scenario began. In fact, other studies from the Geography discipline in different areas of the Iberian Peninsula confirmed the disruption of the traditional rural system from the mid-twentieth century. That is the case of Cantabria and Galicia, where additionally was confirmed the effect of that disruption in the increase of fire frequency and also in the increase of the number of fires motivated by conflicts (Cabana Iglesia, 2009; Carracedo Martín, 2015). At this point, it is fair to say that human factors carried more weight in fire regimes at both ends of the Central Mountain System than environmental factors, like topography, soil features, weather conditions and build up of fuel. Nevertheless, the contextual factor that triggered the change differed between the two case studies: in Estrela, population was demonstrated to be the factor that was controlling the local rural system and once it decreased, the system, as it was, began to collapse. In Ayllón, the contextual factor that kept the system going was the rural land use practices, and they were maintained.

5.2.4 Conclusions

The reconstruction of the fire history and the analysis of the contextual factors at the local level have allowed us to verify the hypothesis that relates any disruption within the social-ecological system with an abrupt shift in fire regime in the inner mountain

areas of the Iberian Peninsula. However, we found that the influence of human factors was stronger than environmental differences to explain the changes in wildfire risk at the two ends of the Central Mountain System during the last two centuries. Despite sharing characteristics as part of the same mountain region, the Estrela and Ayllón massifs present different features such as their size, dissimilar range of altitude, and different annual precipitation. Nevertheless, the socio-economic and political contexts on their own were definitely enough to generate different fire regimes as well as distinct associated human causes of wildfires during the nineteenth and twentieth centuries.

The relationship between fire regimes and landscape structure dynamics (fire scenarios: land use, population and forest management) brought about the main fire regime changes throughout the nineteenth and twentieth centuries. In fact, before the second pyrotransition, fire was a well-integrated element of the rural landscapes serving as a land management tool. After the general disarticulation of the traditional rural system, taking place at both ends of the Central Mountain System at different times according to the contextual factors on the local scale, the fire regime stepped up to a wildfire regime, leading not only to an increase in fire occurrence, but also to a larger burned area and to a great deal of uncertainty. If fire causes had mainly been related to rural activities previously, after the middle of the twentieth century they started being linked to social and economic development and the change of lifestyle in both countries. The depopulation and associated abandonment of traditional land management practices from the sixties in Manteigas resulted in a structural imbalance associated with human-caused wildfires. In this case, fire has turned out to be a landscape degradation factor. On the contrary, despite the pronounced population decline after the second pyrotransition in the Ayllón massif, maintenance of land management and cultural heritage have created a more resilient landscape to wildfire risk. At present, its historical dynamics must be understood to raise awareness of the fire risk policies dealing with the driving forces of landscape change (Antrop, 2005; Connor *et al.*, 2012; Seijo *et al.*, 2015). In fact, the close relationship between the components of this traditional local rural system (people, livestock and vegetation) should definitely be further explored to formulate and implement fire management policies for the future (Canadas, Novais, & Marques, 2016; Fernandes, Guiomar, Mateus, & Oliveira, 2017).

2017 was a catastrophic year of wildfires in the Iberian Peninsula (Comissão Técnica Independente, 2017), and in the twenty-first century Portugal and Spain are considered to be the first and second southern European countries most affected by fires (European Commission, 2017). In that context, this geohistorical approach, which can be applied wherever there is documented historical fire records, proves to be a suitable and added contribution to incorporate lessons learnt from the long-term fire history into current and future wildfire scenario challenges (Carracedo Martín *et al.*, 2017).

5.3 INVESTIGACIÓN SOBRE EL RÉGIMEN HISTÓRICO A ESCALA LOCAL

5.3.1 Landscape-based fire scenarios and fire types in the Ayllón Massif (19th and 20th centuries)

Humans and fire have evolved with each other, and in their regular interaction fire has become a risk factor for human society (Pyne, 1997; Scott, 2018). Mediterranean-type climate landscapes are highly fire-prone (Keeley, Bond, Bradstock, Pausas, & Rundel, 2012; Pausas *et al.*, 2008). Especially from the 1980s onwards, fire risk has become a complex and challenging topic for policy-makers, land managers and operational systems (European Commission, 2017; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2017; Turco *et al.*, 2016). New planning and prevention approaches have been introduced into the research agenda, aimed at predicting fire behavior, thus providing basic information for its control and management (Cissel, Swanson, & Weisberg, 1999; Coughlan & Petty, 2012, 2013; Duane, Míriam Piqué, Castellnou, & Duane, 2015; O'Connor, Garfin, Falk, & Swetnam, 2011; Silva, Rego, *et al.*, 2010a). These new fire management approaches include concepts such as fire-type and landscape-based fire scenarios (Black, Opperman, & Rocky Mountain Research Station, 2005; Castellnou *et al.*, 2010, 2009; Costa *et al.*, 2011b; LaCroix, Ryu, Zheng, & Chen, 2006; Murphy *et al.*, 2013; Pérez & Moreno, 1998), formulated in pyrogeography, which attempts to examine the human-fire relationship from an holistic perspective (Bowman, 2015; Keeley, Bond, Bradstock, Pausas, & Rundel, 2011; Roos *et al.*, 2014).

The fire-type concept refers to fire spread patterns depending on the fuel load, landscape structures and synoptic weather conditions (Acebrón, 2017; Costa *et al.*, 2011b). On the other hand, landscape-based fire scenarios refer to the contextual factors of a fire regime, i.e. the environmental, socio-economic and policy drivers of wildfire ignition and propagation on different spatial and temporal scales. In fact, fire scenarios are multiscale land-type planning units for a fire regime with different applications at national, regional, and local scales. Previous studies have addressed landscape-based fire scenarios in Spain at a national scale (Montiel-Molina & Galiana Martín, 2016) and a regional scale (Costa *et al.*, 2011b). Nevertheless, the local scale has not attracted the attention of many researchers, despite proof of its importance when examining the relationship between fire regime and landscape dynamics (Beilin & Reid, 2015; Wilbanks

& Kates, 1999). Moreover, the vast majority of recent studies have focused on a recent time scale context (since 1968, when fire data statistics started), regardless of the fact that fire and landscape history are relevant to the current fire risk (Smith *et al.*, 2016) and that a longer perspective is needed to characterize fire regime changes. Even though no specific data on fire behavior is available before the statistical period (which makes it difficult to apply the fire-type method), fires recorded pre-1968 do share two common features: extent and fire cause (Montiel-Molina, 2013b), applicable to the definition of the historical fire-type concept.

The concepts of both landscape-based fire scenario and of fire-type therefore provide a theoretical basis to explain the dynamic character of the fire regime, through spatial and temporal dimensions (Keeley *et al.*, 2012). Fire regime changes can be either linear or progressive, or non-linear based on tipping points, i.e. pyrotransitions, which in Mediterranean landscapes are closely related to anthropic aspects (Tedim *et al.*, 2014). In general, fire regimes are linked to the environmental, socio-economic and political contextual systems, which differ from place to place. When there is a balance between the contextual systems, the fire regime is expected to display linear progress. However, when there is an imbalance between these influencing systems, or a change in one of them, the fire regime changes abruptly, triggering a pyrotransition (Bowman *et al.*, 2011). In this context, the concepts of fire scenario and fire-type enable the identification of pyrotransitions and an understanding of the fire regime dynamics (Krebs *et al.*, 2010). The reconstruction of fire regimes, at a local scale and from a historical perspective, should consider some key components such as fire history, and others related to an understanding of the driving forces of fire behavior, such as land use, population and settlement system, and forest management. Recent studies have approached Spanish fire history before statistical data was available, from century time scales and based on geohistorical sources analysis (Araque Jiménez *et al.*, 1999; Lloret & Marí, 2001; Montiel-Molina, 2013b), to millennial time scales through palynological and paleoecological methods (Abel-Schaad & López-Sáez, 2013; Franco Múgica *et al.*, 2001; Gil García, 1992; Hernandez Vera & Ruiz Zapata, 1984; Ruiz Zapata *et al.*, 1996). Other studies confirm the connection between land use changes, fire behavior and landscape structure (Viedma *et al.*, 2006). However, because long historical land use data series are

unavailable, most studies of land use changes are restricted to the second half of the 20th century (Gallardo *et al.*, 2016; Martínez-Vega *et al.*, 2017; Viedma *et al.*, 2015b).

This section connects landscape-based fire scenario (LFS) and fire-type (FT) concepts from a long-term perspective (19th and 20th centuries) at a local scale in the Ayllón massif, well-known for its particular historical dynamics related to fire (Montiel-Molina, 2013b). We believe that the fire regime in Ayllón Massif is non-linear, with three pyrotransitions: (1) at the end of the 19th century; (2) in the 1970s; and (3) in the mid-1980s, facilitated by a breakdown in the balance of contextual factors. This led us to formulate our hypothesis, which proposes that the fire regime changed according to the fire scenarios, fire history and fire types, and that tracing the history of these key values will allow us to describe the fire regimes that existed in each phase between pyrotransitions. This section attempts to answer the question of what driving forces were responsible for fire regime pyrotransitions throughout the 19th and 20th centuries in the Ayllón Massif.

5.3.2 Fire history and fire-types

Reconstructing fire history from geohistorical documentary sources shows that fire has been an ever-present feature since at least the late 18th century in the Ayllón massif, and particularly in the Jarama and Sorbe watersheds. 101 fire records from 1768 to 1982 were obtained for this mountain area, often related to rural activities where fire was a common land management tool (**Table 20**). This was why there are so many pre-1880 fire records, of small forest fires reflected in the printed press, judicial and police sources because of their social and economic impact. This human impact at a local scale explains why some wildfires are recorded in several documentary sources despite the relatively small area burned.

Table 20. Number of fire records for each period and fire database.

	FHD (1768-1982)	EGIF (1983-2000)
Ayllón massif	101	323
Jarama case study	15	67
Sorbe case study	46	56

*FHD: Fire History Database; EGIF: Statistical Fire Database

The first large wildfire was recorded on August 15, 1891 in the public forests in Riaza (Segovia) with three simultaneous ignitions, burning 119 ha. Other large wildfires were recorded in 1954, 1970, 1978 and 1983. Since 1991 - when three large wildfires were recorded - this type of fire situation, the increasing number of ignitions and the variability of fire behavior have defined the present fire regime of uncertainty in the Ayllón massif.

According to the fire history of this massif, three shifts or *pyrotransitions* have been identified in the fire regime dynamics in the 19th and 20th centuries (**Figure 34**). These fire regime shifts occurred especially (1) in the late 19th century/early 20th century, with increased fire occurrence; (2) in the 1970s, when a few fires caused a large burnt area; (3) in the 1980s, when fire occurrence increased again, leading to a new uncertainty scenario. In short, from the late 19th century until the year 2000, there was a shift in the Ayllón from a situation where fire was used as a management tool in everyday rural activities to one where the fire risk is unexpected and uncontrolled.

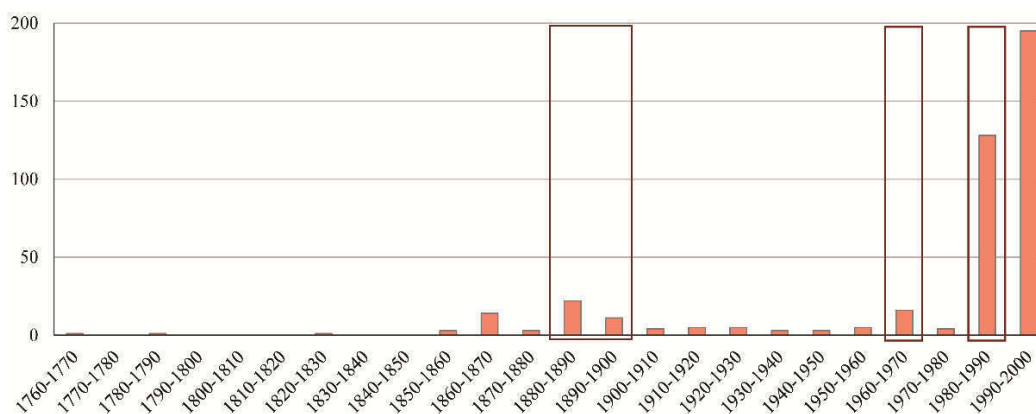


Figure 34. Number of fires recorded in the Ayllón massif and tipping-points (or pyrotransitions) of the fire regime dynamics (rectangles).

The drivers leading to the present fire regime have historical roots at the local level. In fact, significant differences were found between the two local case studies. The Jarama area was historically less affected by wildfires than the Sorbe watershed, although the opposite was true during the statistical period (see **Table 20** and **Figure 35A**). Nevertheless, the evolution of the burnt area has been different in both areas and is greater in Sorbe than in Jarama since 1984 (**Figure 35B**).

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

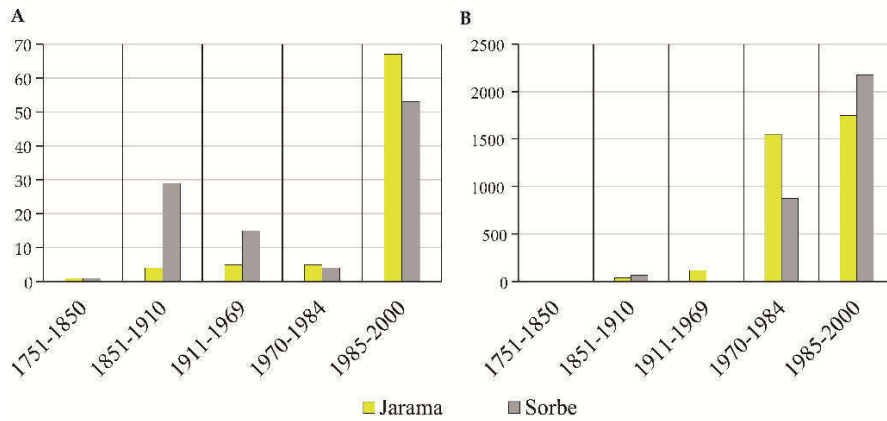


Figure 35. Occurrence of fires (A), and extent of fires (B) in Jarama and Sorbe.

Historical fire types were analyzed during the five periods identified according to the three pyrotransitions mentioned above and the tipping-point recognized by the mid-19th century resulting from the socio-economic effects of Forest Administration regulations in the context of Liberalism. Thus, fire types have been characterized in each period according to their main features, i.e. fire size, fire cause, and spatial distribution pattern. Fire size is classified as follows: (1) *very small fire*, < 1 ha; (2) *small fire*, 1-15 ha; (3) *medium size fire*, 15-100 ha; (4) *large fire*, 100-500 ha; (5) *very large fire*, > 500 ha. These numerical thresholds were established from a thorough analysis of historical events, considering that a small historical fire usually represents an accident, i.e. loss of control in the use of fire, and is extinguished by efficient community-based suppression systems. In contrast, what are usually called large historical fires in the documentary sources are normally larger than 100 ha and demonstrate the inefficiency of local suppression systems.

On a local scale, the first very large wildfire (>500 ha) is recorded in the 1970s in the Jarama watershed, and ten years later in Sorbe (**Figure 36**). In both cases, the ignition trends and burnt areas, and the occurrence of very large wildfires, suggest that the last pyrotransition is marked by a large wildfire episode resulting from the destabilization of the entire socio-spatial system. This destabilization occurred later - although with more abrupt effects - in the Sorbe watershed as a result of landscape dynamics related to the fire use practices maintained until the second pyrotransition in the 1970s. However, very large wildfires remain exceptional events in the Ayllón massif due to the

rural character of the landscape and the socio-economic dynamics. Currently, small and very small fires are the main sizes observed in this mountain area.

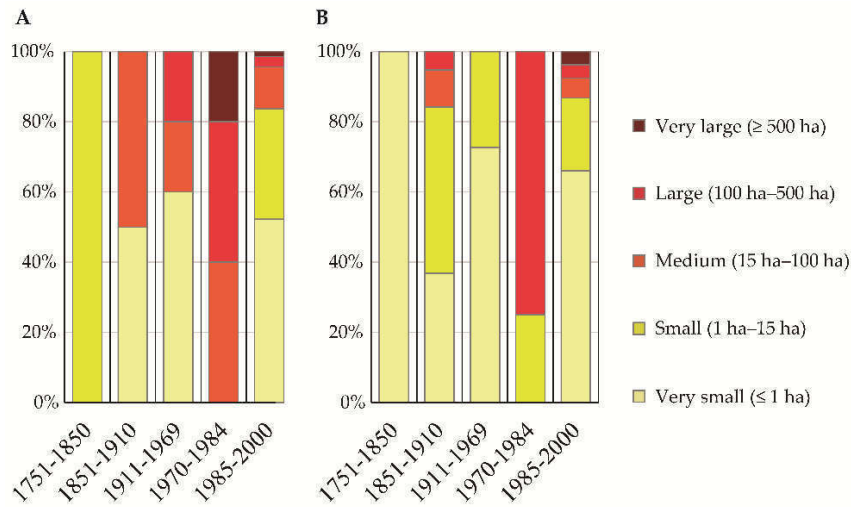


Figure 36. Fire size in Jarama (A) and in Sorbe (B).

For the direct causes of fire, four major ignition groups have been identified in the Ayllón massif: (1) *burning for pasture renewal/agriculture/forest activities*, (2) *intentional/arson*, (3) *natural/lightning*, and (4) *negligence/accidental/other*. It was found that for this variable, the two case studies were historically fairly similar (**Figure 37**). Despite the limitations of the historical documentary sources, the available data show that burning for pasture renewal/agriculture/forest activities and negligence/accidental/other were the two main causal factors of fire in the Ayllón massif until 1984. Since then, intentional/arson fires are the most prevalent, particularly in the Jarama watershed, due to the breakdown of the traditional land management system and the introduction of new lifestyles which increased fires from arson in the late 20th century. Also notable is the high proportion of fires from natural causes here at the eastern end of the Central Mountain Range (Vélez Muñoz, 2009).

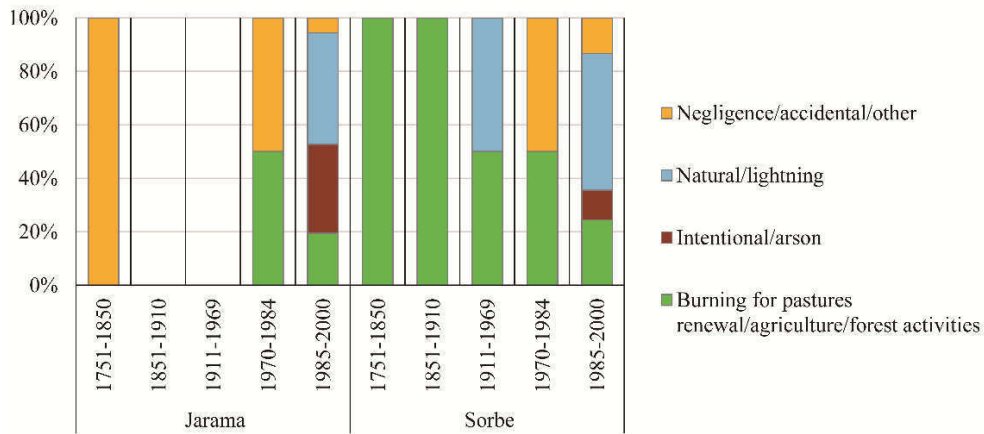


Figure 37. Fire causes in Jarama and Sorbe.

For the spatial location pattern, historical fires were geo-referenced according to the information recorded at two levels of accuracy: (a) municipality, and (b) plot/site. The municipal level includes historical fire records where documentary sources do not provide information about the precise ignition site, and pre-2000 statistical records without geographic coordinates. Plot/site refers to historical fire records with spatial information about the fire ignition and the statistical records since 2000 with geographic coordinates. Despite these constraints, the space-time analysis of the location of historical fires at local level obtains a concentrated pattern of fire records over time in Sorbe, meaning a fire resilient landscape (San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2017) in comparison with the relatively random pattern and fire deficit in Jarama (Figure 38).

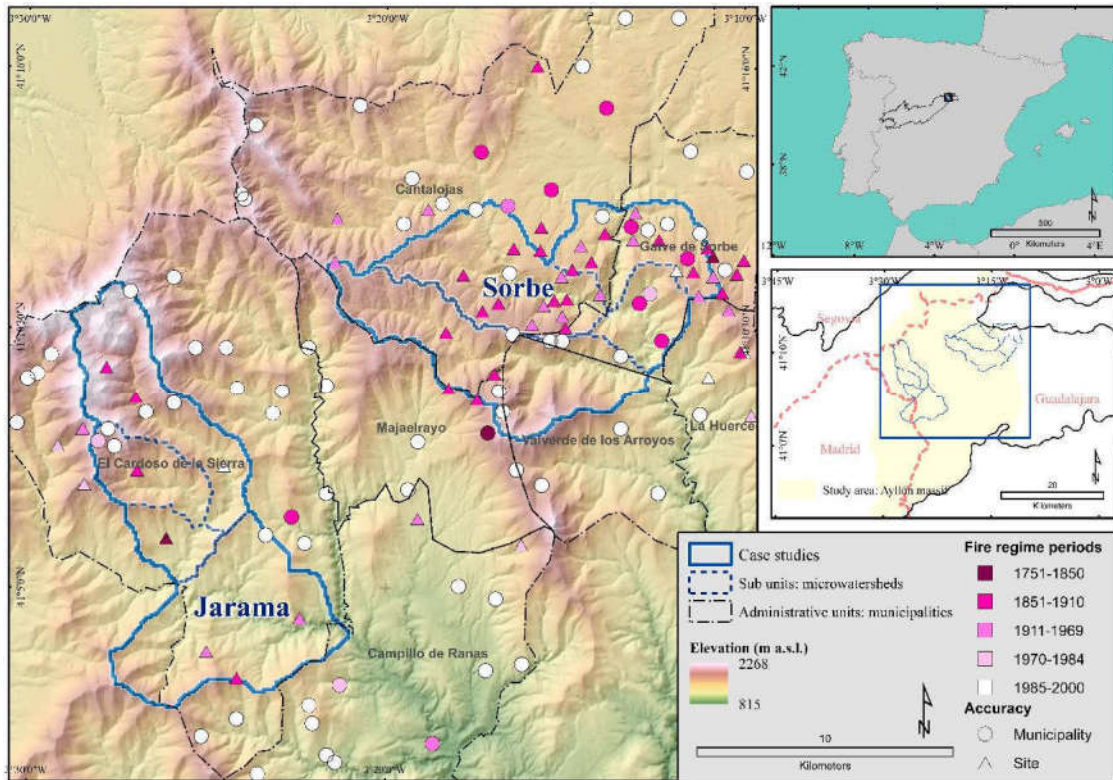


Figure 38. Spatio-temporal distribution of fire occurrence.

5.3.3 Population dynamics and settlement system

The cultural landscape of the Ayllón massif is linked to the demographic dynamics, population lifestyle and rural practices. This mountain area located in the Spanish central region of Castilla benefitted only barely from the legislative progress in civil affairs during the period of the Second Republic, which just brought about a slower rate of population decline since the first census (1877) in contrast with the general positive trend in the country as a whole (Figure 39). The social and cultural stagnation lasted until the 1960s during the Franco dictatorship (Ussel, 1990). Then, the economic development and cultural changes in Spain linked to the industrialization process and urban growth led to the rural exodus and abandoning of agrarian activities in mountain areas in the interior (Jerez, Fernández-Such, Martín, & Llanes, 2004). This is particularly evident in Sorbe and Jarama, where the decline in population and rural activities continued until the recovery in the 1980s in Jarama and in the 1990s in Sorbe, due to official local development policies co-funded by the European Union (Montiel-Molina, 2003b).

As a result of this long secular decline in the Ayllón massif (from 20,539 inhabitants in 1877 to 15,154 in 2001), the population density in 2001 was lower than four inhabitants per km², which is considered by FAO as a severe under-population problem. In fact, the Ayllón massif is one of the mountain areas in central Spain included in the European high-risk fire scenarios of disadvantaged rural areas (Montiel & Herrero, 2010).

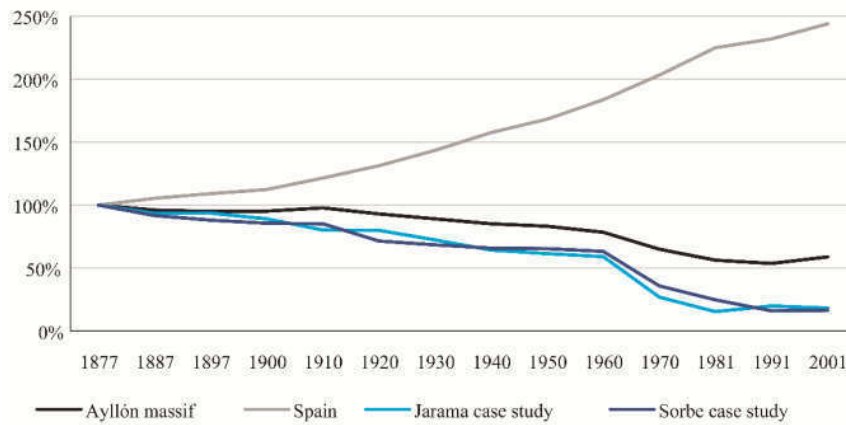


Figure 39. Relative demographic evolution of Spain, Ayllón massif, Jarama and Sorbe case studies.

The settlement system presents the traditional structure of depopulated rural areas, with very low population density, even in the existing small villages (fewer in Sorbe than in Jarama) with population of less than 160 inhabitants. The population of these villages decreased significantly during the 20th century, although the population density of the sparsely populated areas had slightly increased in both Sorbe and Jarama (Table 21). Agricultural and pasture land normally surround each village, while infrastructures, public services and other facilities are minimal because of the low population density, accentuating the features of this disadvantaged rural mountain area.

Table 21. Population and settlement system dynamics.

Case study	Population density of the settlement system (Inhab/km ²)			
	Jarama		Sorbe	
	1900	2000	1900	2000
Small villages	2,37	0,34	6,84	1,54
Scattered populated areas	0,08	0,09	0,01	0,01

5.3.4 Land use changes

The present forested landscape characterizing both Sorbe and Jarama is the result of similar land-use dynamics throughout the 20th century, re-shaping the very different

cultural landscape in each watershed at the end of the 19th century. Although shrublands were the predominant land-use in both areas 1895-1897, Jarama had a significant agricultural area, mainly in the central and southern sectors, while Sorbe was entirely woodland. However, by 1999-2001 both Sorbe and Jarama had a very similar forested landscape, with approx. 58% forest, 5% pasture and the remaining area shrubland (Figure 40).

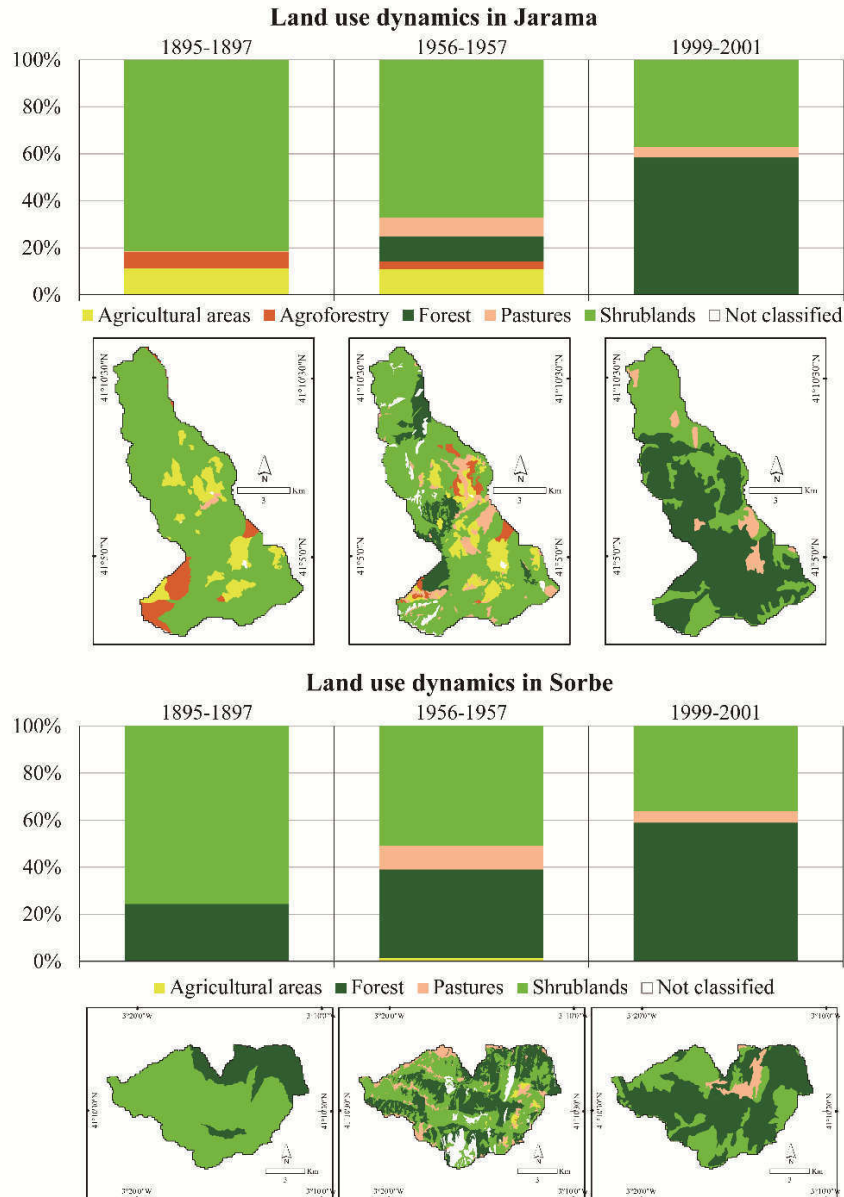


Figure 40. Land use dynamics in Sorbe through the 19th and 20th centuries (1895-1897, 1956-1957 and 1999-2001) in Jarama and in Sorbe case studies.

Forest land use had increased considerably in the Ayllon Massif by the end of the 20th century. However, the dynamics of the land use change were completely different

in the first and in the second half of the century. In the first fifty years a growing trend to forest regression and general maintaining of other land uses can be observed in both Jarama and Sorbe, while the most striking trend since the 1950s is the general forest progression. With these contrasting dynamics, the formerly diverse landscape structures have become increasingly uniform and unstable, particularly in Jarama (Figure 41).

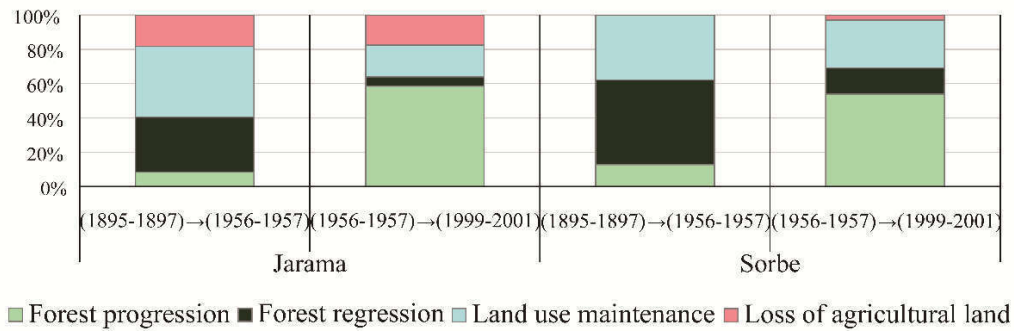


Figure 41. Land use changes in Sorbe and in Jarama in (1895–1897)–(1956–1957) and (1956–1957)–(1999–2001).

The main factors influencing these contrasting dynamics of land use change and the related landscape uniformity and instability are the official policies of expropriation (19th century) and reforestation (20th century) (Fernández-Muñoz, 2002; Fernández Muñoz & Mata Olmo, 2000). The Common Agricultural Policy (CAP) Reform measures have also contributed to recent forest progression through afforestation programs (Vadell *et al.*, 2016). In addition, the abandonment of rural mountain areas in inland Spain in the 1960s resulted in the loss of traditional land management practices and the generally uncontrolled progression of woodland (Stellmes, Röder, Udelhoven, & Hill, 2013; Tolón Becerra & Lastra Bravo, 2007).

5.3.5 Forest resources management and regulation

Historically, forest management played a major role in the socio-economic organization of rural areas in the Ayllón massif. The large number of local regulations and related permits, and reports on illegal activities, are a good indicator of the critical value of forest resources for the subsistence economy in both Jarama and Sorbe. Timber and firewood extraction were the main forest products in both areas, while communal grazing was also a widespread forest management practice, mainly with transhumance from Extremadura and Andalucía (Blanco, 1993; Comíns & Moreno, 2011) (Figure 42).

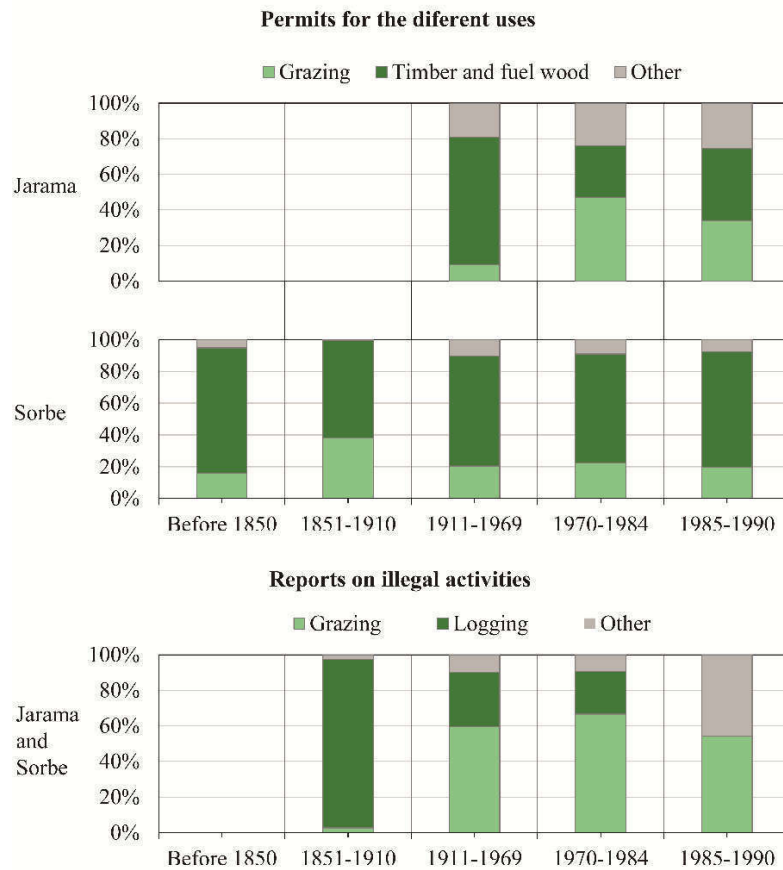


Figure 42. Social indicators of forest resources management until 1990.

Grazing was a widespread forest management practice in the rural areas of the Central Mountain Range, and livestock density remained relatively stable in the Ayllón massif until the mid-20th century (López Gómez, 1974). However, certain variations can be seen at the local scale. In Sorbe, livestock density increased during the period 1911-1970, mainly due to an open-range livestock grazing trend in the 1930s and 40s for meat production. Then, in the 1970s, the traditionally predominant sheep and goats almost disappeared, in contrast with a sustained or even increased trend to cattle rearing in Jarama (**Figure 43**).

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

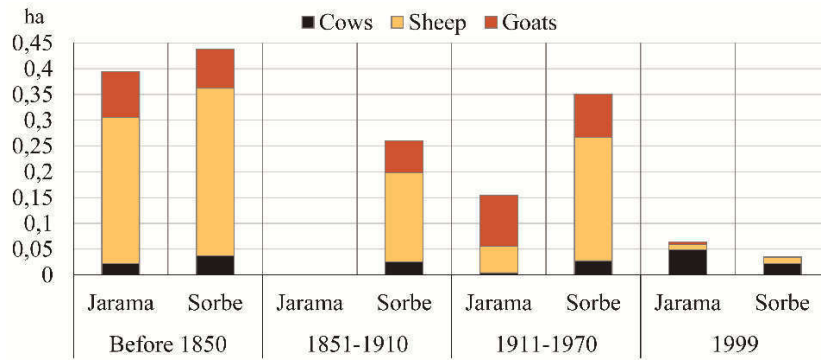


Figure 43. Average livestock density (number of livestock per hectare) in Sorbe and Jarama.

Reports on illegal forest uses mostly relate to grazing activities since 1911 and refer to conflicts between local inhabitants because of a shortage of pastureland. The subsequent period (1970-1984) highlights that conflictive situation further, largely due to the implementation of EU afforestation programs. We suggest that grazing activities in the Ayllón massif retained their social non-economic value, but because they were not organized on a consensual basis, they generated regulatory problems and illegal grazing activities. The last period (1985-1990) evidences some degree of chaos, since the number of reports on illegal forest uses other than logging and grazing increased sharply. On the other hand, most illegal logging conflicts seem to have been solved in the Ayllón massif in this last period analyzed (**Figure 42**).

Other contextual factors of local conflicts related to forest resource management are the consequences of the expropriation process in the 19th century. The subsequent municipal management system and legal protection of forest for public use led to many different systems of community-based management regulations in Sorbe and Jarama (Montejano, 1988), originating an increasing number of reports of illegal uses of the forest (**Figure 42**). In fact, the province of Guadalajara is one of the areas which best represents the expropriation process in the latter half of the 16th century, leading at that time to the start of the demographic decline, livestock recession, deforestation, and the socio-spatial reorganization of agricultural areas. Nevertheless, these privatization processes of forestland were not significant in the Sorbe and Jarama rural areas (Gómez Mendoza, 1967). On the contrary, new land management regulations introduced by the Forest Administration in the second half of the 19th century, and hydrological and

forestry policies in the 20th century, disrupted the land ownership structure and socio-spatial systems in the area.

Following the mid-20th century transition of rural society, the forest resource management system was not adapted to the new socio-economic situation (Paniagua & Hoggart, 2001). The trend to an aging population and decreasing active population continued, despite the new opportunities emerging from local development policies (Delgado Viñas, 2015; Pascual, 2006). Furthermore, this mountain area lost its importance as the main supplier of forest products to Madrid and further isolated itself by accentuating traditional economic rural activities and forest uses, mainly in Sorbe (Hernando & Madrazo, 2016).

5.3.6 Shaping the landscape-based fire scenarios

Both the fire regime and territorial dynamics have changed throughout the history of the Ayllón massif, which explains the presence of different fire risk situations and territorial fire scenarios. As multiscale land-type planning units, the current landscape-based fire scenarios at the national scale are the *massifs and forestry ranges of the Central Mountain Range* and *mountain massifs and ranges, southwestern peneplains*, characterized by scarcely-populated, predominantly forested areas with high/medium propagation capacity and low agricultural presence (Montiel-Molina & Galiana Martín, 2016). At the regional scale, the Sorbe and Jarama watersheds are both within the forestland use scenarios of first and second wildfire generations. The first wildfire generation scenarios refer to long perimeters and high propagation velocity fire behavior due to the continuity of the forest mass as a result of agricultural abandonment. The second wildfire generation scenarios imply complex, high intensity wildfires with high propagation velocity because of increased fuel load from the abandoning over time of farmland and traditional forest management (Costa *et al.*, 2011b; Montiel-Molina *et al.*, 2018).

The Ayllón massif is a mountainous area in the interior of the Iberian Peninsula characterized by its isolation from the main road networks, reduced croplands and scarce population dependent on small-scale domestic agriculture and livestock activities, mainly open-range beef cattle rearing (Allende & López, 2014; Paniagua &

Hoggart, 2001). However, fire risk is more dependent on socio-ecological conditions at the local scale, than on the socio-spatial character at the regional scale. Our data shows that the Jarama watershed comprises the most underpopulated municipality of the Ayllón massif and it is characterized historically by a lower occurrence of wildfires. On the other hand, the Sorbe area is less suitable for agriculture, with more forest resources and a higher impact of historical wildfires.

The four variables selected to define the historical landscape-based fire scenarios – fire history, land use, population and settlement system, and forest management – can be qualitatively ranked in order of importance for the shaping of current fire scenarios. The two most influential variables are land use and forest resources management and regulation. The other two variables – population and settlement, and fire history - play a secondary supporting role, enhancing the dynamics generated by the two leading variables. We argue that no single fire scenario can be defined for each local case study since there is insufficient data available on historical fire behavior, but instead the dynamics of each variable can be reconstructed to analyze their interactions (Table 22).

Table 22. Fire scenarios variables.

Variables and case studies		End of the 19 th century	-----> 70s 20 th century	---> 80s 20 th century	-----> 2000
Fire history	Pyrotransitions				
	Jarama and Sorbe	Increase on the number of fires		Increase on burned area	Increase on the nr of fires Uncertainty
Land use	Jarama and Sorbe	Forest regression		Forest progression	
	Jarama	Decrease on population		80s: Increase on population	Decrease on population
Population and settlement	Sorbe	Decrease on population		90s: Increase on population	
	Jarama	Livestock amount decrease and changes on composition			
Forest management	Jarama	Main forest resource exploitation: Timber and fuel wood Social conflict situation for forest resources			Illegal logging conflict solved
	Sorbe	Livestock amount decrease	40s: Livestock amount increase	Livestock amount decrease	
Fire types	Size	Jarama case study: Occurs first very large fire		Sorbe case study: Occurs first very large fire	
	Cause	Main fire cause: Burning for pastures		Main fire cause: various	
	Distribution pattern	Jarama case study: Random Sorbe case study: Concentrated			

In short, we have identified three different spatial-temporal fire scenarios in the Ayllón massif since the late 19th century:

1. The socio-ecological context in the period between the two pyrotransitions identified (from the end of the 19th century to the 1970s), characterized by overall forest regression dynamics, decreasing population and livestock density, and increasing fire occurrence. This was a still a relatively stable fire scenario, because despite the increasing number of fires and conflicts related to the grazing practices in communal areas, the main causes of wildfires were still connected with traditional rural activities in Sorbe and in Jarama.
2. The contextual factors of wildfires from the second to the third pyrotransition (1980s) linked to major land use change that led to widespread forest progression and a significant increase in the burnt area. In this fire scenario, the agricultural character of the Jarama area was lost, the equilibrium of the socio-ecological system was disrupted, and the first very large fire was recorded. Forest and shrublands spread while the management of forest resources was abandoned. In addition, changes in population structure seem to have altered the socio-ecological system, especially in Jarama where depopulation was even more pronounced. Moreover, the processes of agricultural industrialization, rural exodus, land abandonment, change in traditional rural practices, and energy transition from the use of biomass to fossil fuels, caused landscape homogenization, generally favoring wildfire occurrence in the last decades of the 20th century.
3. From the third pyrotransition onwards, the occurrence of fire events increased sharply in a context of growing uncertainty. The causes of fires changed as a result of the shifting social system, and the socio-ecological equilibrium of Sorbe was lost, ten years later than Jarama. Local conflicts related to grazing activities and lack of governance mechanisms for conflict resolution led to a scenario of very high fire risk, depending on extreme meteorological situations in the Ayllón massif (Pausas & Paula, 2012; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2017).

5.3.7 Conclusions

The interactions between landscape dynamics and fire regime do not display linear progressions in time or space in the Ayllón massif. The rural fire culture, prevalent for centuries, meant that fire was commonly used as a land management tool in this rural context (i.e. frequent but controlled use of fire for the maintenance of pastureland). At historical moments of socio-ecological crisis and system instability (e.g. the establishment of the forest administration in the 19th century or the rural abandonment in the 20th century), the frequency of fire occurrence and the burnt area increased. In the Ayllón massif, the influence of the socio-ecological system on the fire regime was evidenced through the pyrotransitions identified in the late 19th century, in the 1970s, and in the mid-1980s.

Reconstruction of the fire history and analysis of key socio-spatial variables of landscape dynamics in the 19th and 20th centuries have enabled us to describe the space-time context of wildfires at a local scale and to demonstrate the influence of historical landscape dynamics as the driving forces of the present fire scenarios in Sorbe and Jarama.

The main driving forces shifting fire regimes and shaping fire scenarios in the Ayllón massif during the 19th and 20th centuries were forest resource management and land use changes. These same drivers and processes took place in all Mediterranean countries to different degrees (Millington, Perry, & Romero-Calcerrada, 2007), and were significantly shaped by human societies throughout history, closely related to fire use practices, particularly for agriculture and grazing purposes (Keeley *et al.*, 2012; Mazzoleni *et al.*, 2004; Silva, Rego, *et al.*, 2010a). This means that in all Mediterranean countries the same set of socio-spatial variables considered in our study are drivers of landscape change, and the spatial differences of fire types are mainly related to contrasting timelines and to specific local conditions (Beilin & Reid, 2015). Thus, the strong connection between past socio-ecological dynamics and current landscape structures is a convincing argument in favor of the major role of history in our understanding of current scenarios and fire regimes (Smith *et al.*, 2016).

5.4 RESULTADOS DE ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS: EL REGISTRO HISTÓRICO DE LOS INCENDIOS RURALES Y EL USO DEL FUEGO EN EL SISTEMA RURAL TRADICIONAL EN LA SERRA DA ESTRELA Y EN LA SIERRA DE AYLLÓN

En esta tesis, la reconstrucción de la presencia histórica del fuego en los dos extremos del Sistema Central se ha realizado, sobre todo, a través de la recopilación de registros provenientes de fuentes documentales de naturaleza administrativa, pese a que los documentos históricos de naturaleza judicial se han revelado como los más fructíferos para la reconstrucción de la historia del fuego en la Península Ibérica (García Novo *et al.*, 2018). Las fuentes consultadas demuestran que, aunque no existiera obligatoriedad de dejar constancia del registro de incendios, quedó constancia del uso del fuego en diferentes documentos, aun de forma indirecta, lo que demuestra que el fuego ha formado parte del sistema rural desde siempre. Así, varios autores lo han puesto de manifiesto, a pesar de que no constituye una amenaza para la seguridad de las personas y del patrimonio natural y construido (Montiel-Molina, 2013b). Esa falta de obligatoriedad del registro ha resultado en que, por lo general, los incendios históricos anteriores a la institucionalización de la defensa contra incendios que han quedado registrados no se traten de los más grandes por obligación, sino que se traten de los que representaron mayores pérdidas socioeconómicas a escala local, p. ej., los incendios que han tenido lugar en las áreas de pastoreo de propiedad comunal o en las áreas de propiedad privada, especialmente importantes para su población (Montiel-Molina, 2013b).

De hecho, en cuanto a la cuantificación de su tamaño, la mayor parte de los registros de incendios históricos que se ha podido encontrar se refiere a incendios de tamaño pequeño y medio (<100 hectáreas), pero se trata de eventos fuera de la normalidad, por lo que quedaban registrados, p. ej., en las actas municipales. Sin embargo, lo que antes sería considerado un incendio de tamaño grande (>100 hectáreas), actualmente se ha convertido en un incendio de tamaño medio. Esta diferencia de percepción del tamaño del incendio antes y después de la desarticulación del sistema rural deriva, sobre todo, de la estructura territorial histórica y de la organización social anterior a la pirotransición de mediados del siglo XX, según lo que otros autores apuntan

(Montiel-Molina, 2013b). Asimismo, corrobora la trayectoria histórica de las dos sierras, basada en la información geohistórica.

La información recopilada ha permitido alimentar la FHD en ambos extremos del Sistema Central hasta los años ochenta, y la información estadística ha permitido cubrir el período que empieza en los ochenta hasta la actualidad. Sin embargo, al igual que se ha mencionado en otros estudios que utilizan información histórica y estadística sobre incendios, esta es comparable, aunque presentó algunas limitaciones con respecto al tipo de análisis que se puede efectuar, debido a sus diferentes características (Carracedo Martín *et al.*, 2017; Hanes *et al.*, 2019; Montiel-Molina *et al.*, 2019), habiéndose podido, sobre todo, utilizar los parámetros de frecuencia, el área ardida, y la causa, pues no se conocen parámetros históricos relativos al comportamiento del fuego.

Ahora bien, empleando los parámetros de frecuencia y área ardida, a escala de paisaje –Serra da Estrela y Sierra de Ayllón– la reconstrucción del registro histórico de los incendios rurales en los dos extremos del Sistema Central ha estado a la par con los resultados previos a escala regional (Montiel-Molina, 2013b), no porque las fechas coincidan exactamente, sino porque el régimen del fuego se ha mostrado discontinuo a lo largo del tiempo y las pirotransiciones que han tenido lugar han sido bastante evidentes. En Ayllón, hubo una pirotransición a finales del siglo XIX/inicios del siglo XX y, en ambas sierras, ha habido otra pirotransición en la segunda mitad del siglo XX, aunque presentando un desfase entre ambas (los años sesenta en Estrela y los años setenta en Ayllón). Por último, hubo otra pirotransición a finales del siglo XX (los años ochenta en las dos sierras).

Si se amplía el período de análisis a todo el periodo estadístico (1980–2015), cuyo intervalo promedio de incendios en la Serra da Estrela es nulo (es decir, hay incendios todos los años en este período), se identifica que el año 2005 es un punto de cambio en esta sierra, ya que no ha vuelto a existir un número tan elevado de conatos de incendio, ni de incendios con más de una hectárea a partir de ese año. No obstante, el área ardida, que también ha bajado significativamente después del 2005, vuelve 10 años más tarde a las más de 3000 hectáreas (**Figura 44A**). En comparación, en el período estadístico en la Sierra de Ayllón se muestra una situación diferente: a partir del año 1995 comienza un

período en el que hay años en los que no se han registrado incendios, lo que supone que en este período el intervalo entre incendios sea de un año y medio. Al igual que en Estrela, el área ardida también disminuye, pero, aparte del año 2003, se mantiene inferior a las 40 hectáreas anuales hasta el año 2015 (**Figura 44B**). Ambas sierras parecen estar algo desconectadas de la realidad nacional, que ha marcado los años 2003 y 2005 (en Portugal), y 2006, 2009 y 2012 (en España) como años de eventos extremos de incendio en este período (Pages & Duane, 2015), únicamente el año 2005 cuadra con Estrela.

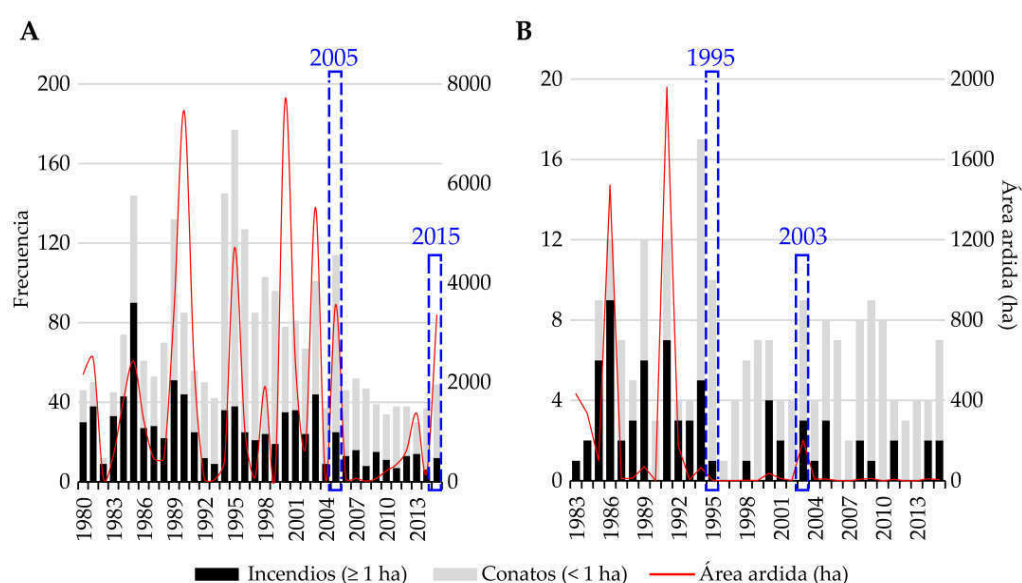


Figura 44. Frecuencia anual de incendios (conatos e incendios > 1ha) y área ardida en la Serra da Estrela en 1980-2015 (A) y en la Sierra de Ayllón (1983-2015) (B).

Al centrarse en la estacionalidad de incendios, es posible darse cuenta de que, en ambos casos, ha habido cambios desde el periodo histórico hasta el estadístico. En Estrela, el cambio ha sido menor, ya que los meses con mayor número de incendios siguen siendo agosto y septiembre y la proporción no ha cambiado sustancialmente. A cambio, en el mes de marzo, en el que históricamente no se registraban incendios, ha aumentado su frecuencia. En Ayllón, los cambios han sido mayores: la proporción de incendios en agosto ha disminuido, pero la época de incendios se ha alargado y retrasado, comenzando en marzo y terminando en octubre (**Figura 45**).

Por otro lado, el cambio ocurrido en las dos sierras, relativo al aumento de la incidencia de incendios en el mes de marzo, más que relacionado con las causas humanas, podría estar relacionado con el cambio climático. En efecto, en la Europa

mediterránea, la temporada de incendios se ha alargado en el período estadístico (después de 1979) (Jolly *et al.*, 2015), y los resultados en las sierras da Estrela y de Ayllón confirman que esa tendencia también se verifica al comparar los dos períodos, evidenciando que la temporada de incendios en las dos sierras empieza más pronto que en el período histórico, lo que podría relacionarse con un ligero aumento de la temperatura en primavera, lo que, a su vez, ayudaría a la propagación del fuego. Los datos del clima sobre la Serra da Estrela no nos permiten realizar esta evaluación; sin embargo, según los datos de temperatura de la base de datos AEMET sobre la Sierra de Ayllón, en el mes de marzo ha habido un cambio de tendencia a partir de 1980: entre 1943 y 1979 las temperaturas mínima y máxima han disminuido, pero entre 1980 y 2015 las temperaturas mínima y máxima en el mes de marzo han subido en $\sim 2^{\circ}\text{C}$ y $\sim 0,8^{\circ}\text{C}$, respectivamente, aunque el área ardiada en marzo no haya seguido una tendencia de crecimiento a lo largo del período estadístico. No obstante, como se ha puesto de manifiesto a lo largo de la investigación de esta tesis, aunque los factores ambientales sean importantes a la hora de investigar las causas de los incendios en ambas áreas, la influencia de los factores humanos ha resultado más importante para explicar los cambios en el riesgo de incendios en los dos extremos del Sistema Central en los dos últimos siglos, lo que está en línea con otros estudios que también lo han verificado en territorios muy marcados por la presencia humana (Syphard *et al.*, 2017).

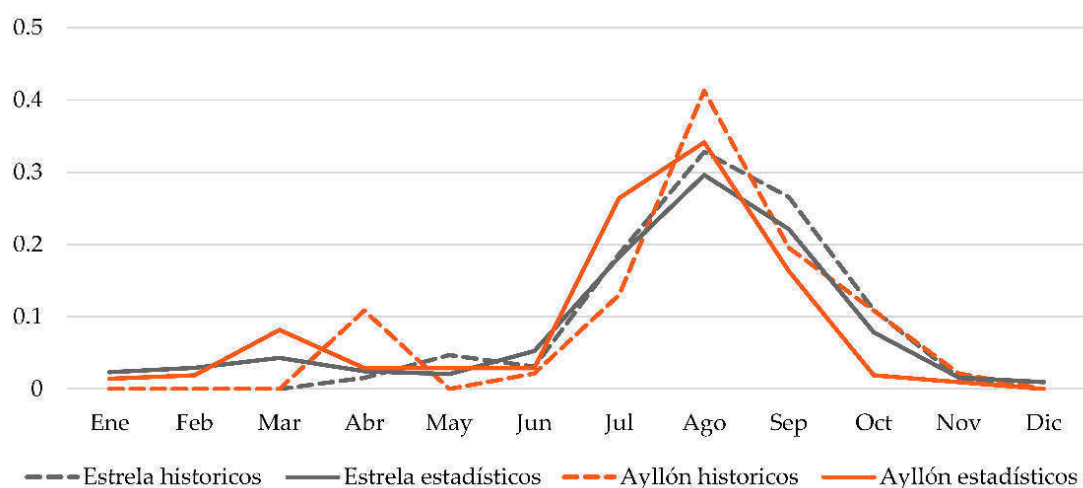


Figura 45. Estacionalidad de incendios en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón en el período histórico (hasta 1980s) y en el período estadístico (1980s–2015).

El análisis del uso del fuego a lo largo del tiempo demostró que los cambios se reflejan en las causas de los incendios. Por un lado, en Estrela, en el periodo histórico, se ha verificado que la causa de la mayoría de los incendios ha sido intencional o por negligencia, y después de 1980, las causas estaban más relacionadas con las actividades agrícolas, forestales y de pastoreo; por otro, en Ayllón, las causas históricas de fuego estaban relacionadas con las actividades agrícolas, forestales y de pastoreo y, después de 1980, se le ha restado importancia a esta causa, y las causas naturales e intencionales han ganado más representatividad.

Por otra parte, y con respecto a todo el año, se ha podido observar que el tamaño del mayor incendio anual siguió hasta el 2015 una tendencia de crecimiento en la Serra da Estrela, y una tendencia de disminución en la Sierra de Ayllón (**Figura 46**). Se ha contemplado que los incendios de mayor tamaño en Estrela se corresponden a grandes incendios (*very large*/ GIF/> 500 hectáreas de área ardida) en muchos casos, mientras que en Ayllón eso no se verifica. Los GIF son los incendios que menos ocurren en la Península Ibérica, y algunos autores han verificado que, en Portugal, su patrón de ocurrencia temporal se ha mantenido a lo largo de las últimas décadas, lo que parece coincidir con la situación de la Serra da Estrela. Por lo contrario, han verificado que, en España, su ocurrencia ha aumentado, lo que no se ha verificado en el caso de la Sierra de Ayllón, en el que solo se registró un GIF en el siglo XXI (**Figura 46**) (Díaz-Delgado *et al.*, 2004). Las memorias anuales estadísticas de la provincia de Guadalajara revelan que 1986 ha sido el primer año estadístico con referencia a dos incendios >500 hectáreas cada uno en esta provincia, año en el que, nacionalmente, el número de incendios y el área ardida habían disminuido con respecto al año anterior (Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, 1986).

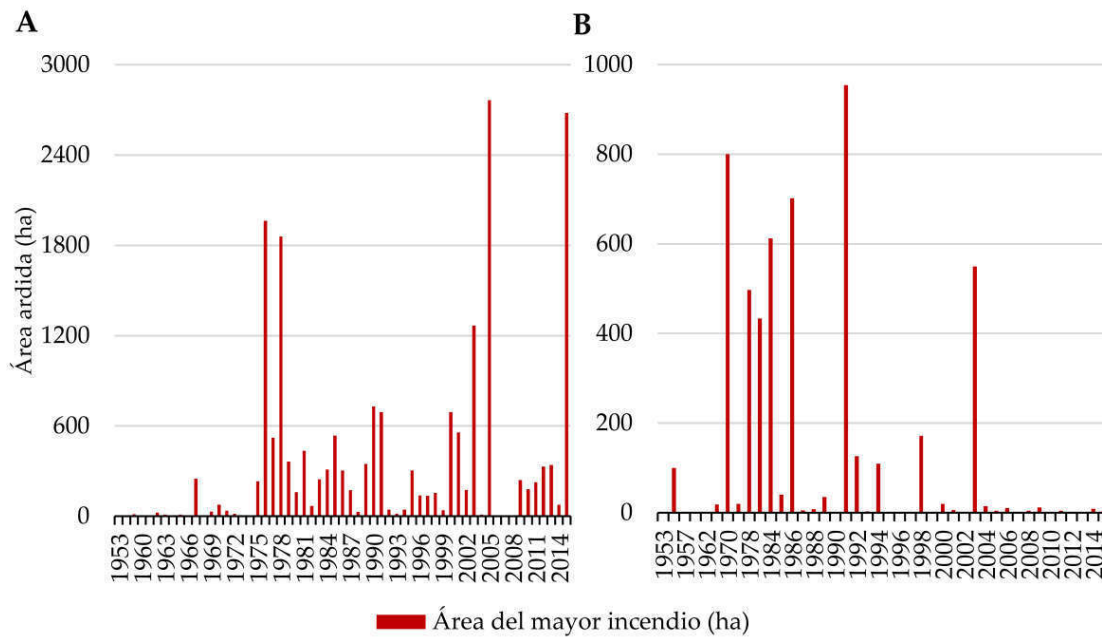


Figura 46. Tamaño del incendio anual más grande en el período comparable de 1953–2015 en la Serra da Estrela (A) y en la Sierra de Ayllón (B).

En cuanto a la distribución espacial de los incendios, se ha observado anteriormente que en Ayllón hubo diferencias en la distribución, ya que al sur (Jarama) se ha comprobado un patrón de distribución aleatorio; mientras que en el norte (Sorbe) se ha confirmado un patrón concentrado de incendios. En la Serra da Estrela, también se evidencia una concentración en el patrón de distribución de los incendios históricos; sin embargo, los incendios estadísticos no siguen el mismo patrón, sino que presentan uno visualmente más aleatorio (Figura 47). A pesar de que su naturaleza no permita un análisis estadístico de las tendencias de agregación espaciotemporal que contraste los resultados con otros encontrados por autores del siglo XXI (p. ej., Costafreda-Aumedes, Comas & Vega-García (2016)) patrones de agregación espaciotemporal de incendios de causa humana en varios casos de estudio a escala local en España, que verificaron que la agregación es más grande temporalmente hasta los 3 meses, y espacialmente, hasta los 3 km), cabe destacar que en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón, la agregación espacial de los incendios también parece estar relacionada con la estructura del paisaje. De todos modos, de acuerdo con la interpretación de los patrones de agregación de incendios de otros autores (p. ej., San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2017), el patrón de agregación de incendios históricos en la Serra da Estrela apunta a un paisaje resiliente, lo que no parece estar tan claro en cuanto al patrón de agregación de incendios estadísticos.

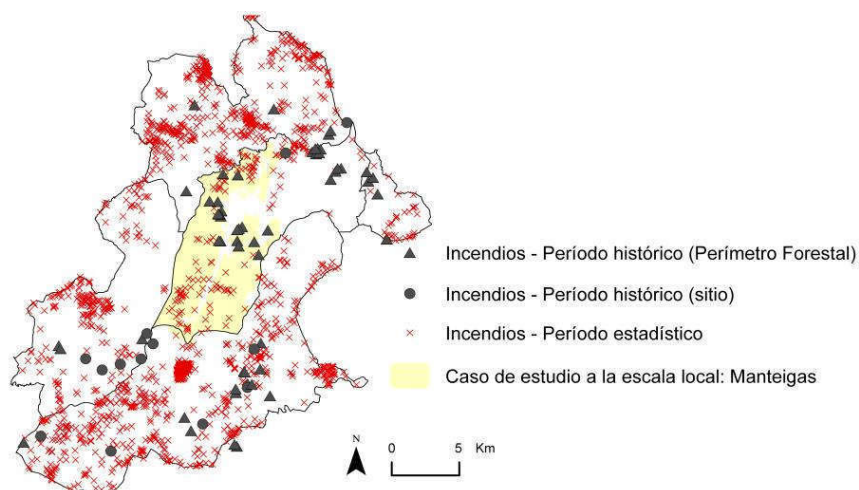


Figura 47. Distribución espacial de los puntos de ignición de los incendios en la Serra da Estrela en el período histórico (hasta 1980) y en el periodo estadístico (1980–2015) y de acuerdo con su nivel de precisión de ubicación (A). Los puntos de ignición para el período estadístico se han generado a través de los centroides de los perímetros de las áreas ardidas.

Los resultados presentados en esta sección no han sido objeto de enfoque en los apartados de la investigación, pero se consideran pertinentes porque robustecen las conclusiones obtenidas y validan la consistencia entre la información histórica y la información estadística recopilada y utilizada en el análisis para la reconstrucción de la presencia de fuego en el territorio, ya que permiten recorrer la historia de las pirotransiciones de una forma clara y a varias escalas. Los años ochenta, es decir, la fecha en la que se une la información de dos naturalezas distintas (histórica y estadística) conforma la idea de que la pirotransición de los años ochenta en los dos extremos del Sistema Central ha roto definitivamente la organización del sistema rural y ha coincidido con el inicio del período de incertidumbre en cuanto a la ocurrencia de grandes incendios. El contraste de los dos períodos (histórico y estadístico) del registro de incendios, así como su análisis total, contribuye a identificar dónde el riesgo de incendios ha cambiado más a lo largo del tiempo (Morgan, Hardy, Swetnam, Rollins, & Long, 2001). Por un lado, el período de mayor riesgo ha tendido a un estado de recuperación de una situación más estable, con relación a los parámetros evaluados, en la Sierra de Ayllón; mientras que en el caso de la Serra da Estrela esta situación no llega a verificarse.

6 | DISCUSIÓN

6.1 EL SISTEMA SOCIOECOLÓGICO Y EL FUEGO

En el capítulo 3, se ha podido identificar que las dimensiones espacial y temporal son básicas para interpretar y conectar los resultados recopilados de numerosas y diversificadas fuentes de la antroposfera para la reconstrucción de los regímenes del fuego, lo que diversos autores corroboran (p. e.j., Montiel-Molina, 2013b; Pyne, Andrews, & Laven, 1996; Santos, 2005). En el capítulo 5, se ha comprobado que los cambios en la organización del paisaje y la evolución del régimen de fuego han sido diferentes en los dos extremos del Sistema Central. Así, se puede afirmar que el contraste del análisis espaciotemporal de los regímenes del fuego históricos y estadísticos de las dos sierras posibilita la comprensión de los roles relativos a cada componente del SES; así como la compleja interacción entre ellos, evidenciando la importancia del contexto territorial de cada sierra. La individualización y el detalle de los cambios en los componentes técnicos, socioeconómicos y socioespaciales de organización territorial, realizada en el capítulo 3, así como la adaptación a la realidad de los datos históricos realizada en el capítulo 5, permitió un acercamiento a la SESF, y ahora permite comprender la importancia relativa a cada dependencia dentro de ese marco.

Concretamente, a partir de los resultados de la investigación, por lo general acordes a la bibliografía y a la hipótesis de la tesis, se puede dibujar el esquema relacional de la **Figura 48**, cuyos componentes –el sistema de población, el LULC, el sistema de gestión del espacio forestal y el sistema de propiedad y tenencia de la tierra– están conectados y sostienen el SES; aunque su grado de importancia varíe a la hora de encontrar el equilibrio en el sistema, i.e., al cohesionar equilibradamente los componentes en cada lugar.



Figura 48. Componentes integrantes del SES abordados en la investigación y dependencias más evidentes encontradas.

Las diversas relaciones identificadas entre los componentes, que se tratarán en las siguientes secciones, se han visto fortalecidas por el fuego, comprobándose así que el fuego se relaciona con todos los demás componentes.

6.1.1 El papel del fuego en la relación entre el sistema de población y el uso y cubierta del suelo

La bibliografía relaciona una mayor densidad poblacional con un posible aumento de la frecuencia de igniciones (Koulelis & Mitsopoulos, 2007), lo que, de hecho, se ha podido constatar para los extremos del Sistema Central, ya que en la Serra da Estrela la frecuencia de incendios ha sido más elevada a lo largo del tiempo que en la Sierra de Ayllón. La Sierra de Ayllón posee un grado de ruralidad máximo, frente a la Serra da Estrela, configurada también por zonas con características más urbanas, que presentan una densidad poblacional de <3 hab/Km² y ~ 64 hab/Km², respectivamente (INE, 2000). Por otro lado, en las zonas rurales marcadas por la escasez poblacional, se ha comprobado que el tamaño de los incendios suele ser superior, sobre todo, derivado del tipo de LULC característico de estas zonas. Así, los dos componentes están conectados por medio del fuego. Sin embargo, la Sierra de Ayllón no parece seguir esa tendencia, ya que sus incendios tienden a ser de menores dimensiones que los ocurridos en la Serra da Estrela.

Es más, el fuego muy posiblemente influyó en las transiciones de LULC (al menos a partir de 1990) y el LULC muy posiblemente influyó la selectividad del fuego, pues las diferentes clases de LULC han demostrado una diferente propensión al fuego en ambas sierras (en general, es más probable en los matorrales y los pastizales que en los bosques), lo que también han confirmado otros autores en diferentes áreas geográficas (p. ej., Bebi *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2011). De este modo, los cambios en el LULC pueden generar incendios de mayor frecuencia y tamaño cuando cambian a una clase de LULC más susceptible de sufrir incendios como es, p. ej., el cambio de agricultura (a excepción de los pastizales) a matorrales, en los que habrá más cantidad de combustibles disponibles para quemarse (Carmo *et al.*, 2011; Ganteaume *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2012). Por esto, a escala local los cambios de LULC son probables impulsores del riesgo de incendios y el fuego es un probable motor de cambio del LULC (Butsic, Kelly, & Moritz, 2015).

El periodo en el que se ha podido llevar a cabo un análisis más preciso, con matrices de transición, se corresponde con el periodo en el que las estadísticas de incendios, las estadísticas forestales y la cartografía de LULC existen y se encuentran disponibles. Sin embargo, con anterioridad a este período, hubo que centrarse en una perspectiva de análisis con una vertiente más cualitativo-histórica. Esta perspectiva ha podido dotar de especial importancia al componente LULC, al igual que los resultados encontrados por Montiel-Molina *et al.* (2019) sobre varios casos de estudio a escala local del Sistema Central, que parecían indicar que, pese a las diferentes características del LULC entre las Sierras de Estrela y Ayllón, los resultados encontrados a escala local podrían extrapolarse a escala regional.

Por un lado, la desigual propensión de las diferentes clases del LULC y de las igniciones está estrechamente relacionada con las causas de los incendios. En el contexto mediterráneo, los incendios son más probables en los LULC agrícolas que en el bosque, también de acuerdo con los resultados mencionados anteriormente acerca de las dos sierras. Por otro lado, también está relacionada con las políticas implementadas, no solo acerca de las prioridades definidas para la lucha contra incendios, como lo que respecta a las regulaciones de ordenación y planificación (Butsic *et al.*, 2015; A. B. Gonçalves, Vieira, Martins, Ferreira-Leite, & Silva, 2019; Francisco Moreira *et al.*, 2011).

Considerando la misma relación, las estadísticas poblacionales municipales permitieron plantearse la cuestión de si las áreas analizadas, al estar sufriendo una constante despoblación, habrían sufrido también un abandono rural. Para ello, además del enfoque en el cambio del LULC para agricultura y pastoreo a otros usos (*loss of agricultural land*) –ya que las áreas de agricultura no han sido nunca muy extensas– hubo que centrarse en la expansión de las áreas de matorral y en la disminución de las cabezas de ganado, ambas identificadas por otros autores como una evidencia relacionada al éxodo rural en las áreas de montaña del norte de España (Foster, 2009; Stellmes *et al.*, 2013). En efecto, se puede confirmar el avance de las áreas de matorral donde anteriormente había áreas de pastizal, con lo cual la idea de que ha habido un abandono rural en ambas sierras toma fuerza.

En definitiva, el fuego provoca que se relacionen los sistemas de población y el componente socioespacial, i.e., el LULC. A lo largo del tiempo, los sistemas de población han ido condicionando y modificando el LULC, aunque los modelos de gestión del espacio forestal y las restricciones no lo facilitasen o lo permitiesen. Entre las causas, se encuentran los aprovechamientos maderables y el pastoreo indebido o no reglamentado, el fuego, y la combinación de ellos.

6.1.2 La influencia histórica del uso y cubierta del suelo y del sistema de gestión del espacio forestal en el régimen de fuego

Los cambios en el LULC, además de estar relacionados con el fuego y la población como se ha expuesto anteriormente, están relacionados con los cambios en el estilo de vida (con las preferencias alimentarias y el uso de los recursos y de la tecnología, con el aumento de los ingresos, con el sistema de transportes, etc.) (Heilig, 1995). De hecho, si a mediados del siglo XX la agricultura conformaba las áreas rurales de la Península Ibérica, menos de cinco décadas más tarde, la relación entre la sociedad rural y el territorio cambió: la agricultura perdió su lugar destacado en la economía y en la sociedad, siguiéndole el abandono rural territorial y poblacional (Baptista, 2010). Esta situación provocó una mayor acumulación de combustibles en los bosques, lo que, sumando a las repoblaciones monoespecíficas del periodo anterior, aumentó el riesgo de incendios y favoreció, en gran medida, su propagación (Rego, 2001). Después del cambio rural y con los avances tecnológicos, la productividad agrícola aumentó y su enfoque principal se basó en la producción animal (Baptista, 2010; Torres *et al.*, 2016). Por el contrario, en otras partes del mundo hubo políticas de expansión de las áreas agrícolas y de pastizales a finales del siglo XX; en la UE la tendencia ha favorecido la disminución de esas áreas en pro de la creación de áreas naturales de bosque (Heilig, 2006).

A mediados del siglo XX, la referida tendencia expansionista de las áreas naturales de bosque en la Serra da Estrela (las poblaciones, las repoblaciones y las siembras, llevadas a cabo por los servicios forestales) implicó una disminución de las áreas de pastoreo que las comunidades locales aprovechaban habitualmente. Esta tendencia que comenzó en Manteigas a finales del siglo XIX (a partir de 1888) (**Figura 49**) supuso un impacto socioeconómico importante en las comunidades locales. De la misma forma, en

la Sierra de Ayllón, las repoblaciones del siglo XIX causaron un impacto socioeconómico en las comunidades que utilizaban el bosque, puesto que, al acotar las áreas de repoblación, se perdió el área útil para el pastoreo del ganado en una zona con una marcada tradición ganadera. Además, a partir del 1956, las repoblaciones (que, según los registros encontrados, se sirvieron de los fondos de ayuda americanos en Ayllón) generaron muchas críticas al apostar por poblamientos monoespecíficos o con especies no consensuales entre la comunidad científica (Pemán García, Iriarte-Goñi, & Lario Leza, 2017).

Por ende, tanto la comunidad científica experta como la comunidad local de vecinos en Estrela y en Ayllón han manifestado su descontento social con las políticas y las actividades llevadas a cabo por los servicios forestales del Estado. Esto puede observarse en el análisis de las actas municipales, de los documentos de denuncias y de las multas que se han encontrado en los archivos históricos provinciales y municipales, los cuales mencionan conflictos repetidos con respecto a las tierras comunales que se usaban para el pastoreo del ganado. Sin embargo, estas repoblaciones han cumplido parte de las expectativas con respecto al aumento de las áreas de monte alto, ya que, en efecto, hubo un cambio de LULC (Stellmes *et al.*, 2013).

Así, se denota la relación entre el LULC y el componente técnico y socioeconómico, i.e., el sistema de gestión del espacio forestal. Particularmente, en la Sierra de Ayllón, la investigación llevada a cabo incluso ha identificado dichos componentes –la gestión del espacio forestal y los cambios en el LULC– como aquellos que han fomentado los cambios de régimen del fuego y que han dibujado los escenarios de fuego en los siglos XIX y XX.

Por último, hay informes de episodios sobre incendios en los que hubo un cambio de composición de LULC en áreas previamente repobladas –seguidos de erosión en las cabeceras de los ríos, como el documentado por Lourenço (1994) en el año 1993– que demuestran que el efecto del fuego perpetúa en el paisaje y relaciona los dos sistemas.

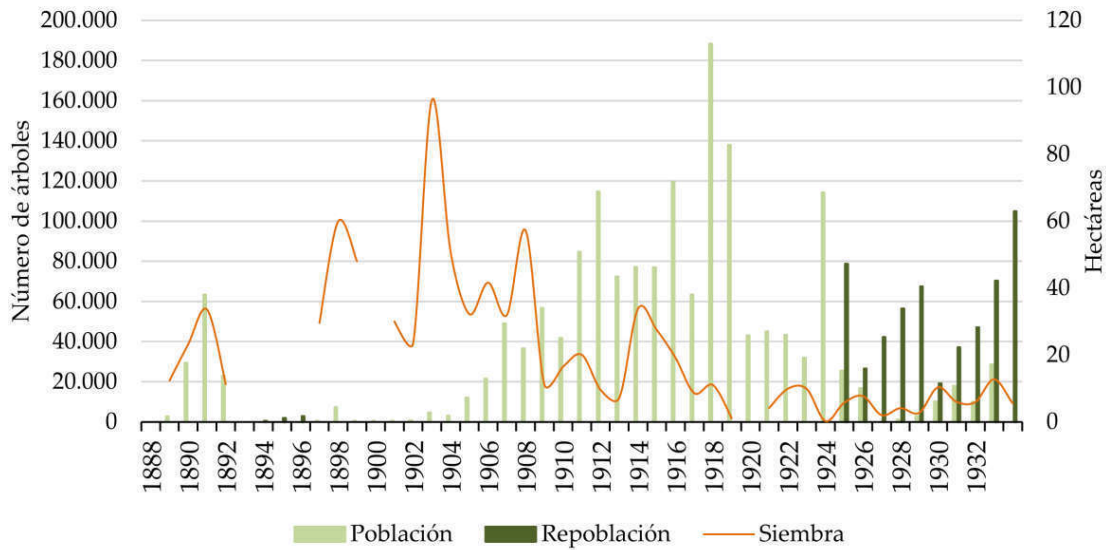


Figura 49. Poblaciones y repoblaciones (en número de árboles), y siembras (en hectáreas), en Manteigas en 1888–1933. Fuente: “Mapas da arborização e despesa realizada”, in Barjona de Freitas, 1989, p. 38.

6.1.3 Interacción del régimen de fuego con la gestión del espacio forestal y con el sistema de propiedad y tenencia de la tierra

La transformación del sistema de tenencia de la tierra en el Antiguo Régimen en un sistema liberal de propiedad y gestión del territorio parece haber sido ligeramente similar en las dos sierras tal y como puede observarse en el capítulo 5, pero, aunque se puedan encontrar semejanzas, la situación ha sido diferente en Portugal y en España. En Portugal, hasta finales del siglo XIX, las tierras comunales (i.e., los *baldíos/incultos*) que pertenecían a las comunidades locales, sufrieron un proceso desamortizador, habiendo sido objeto de expropiación por parte de los ayuntamientos correspondientes, los cuales han pasado a gestionar su aprovechamiento (Miranda, Carvalho, Gomes, Copena, & Lopes, 2018). Más tarde, a finales del siglo XIX/inicios del siglo XX, estas tierras de uso común (especialmente en las zonas de montaña) fueron inventariadas por primera vez por la Administración Forestal del Estado existente en dicha fecha. Como se mencionó anteriormente, las tierras se bloquearon a favor del Estado durante un período determinado con el objetivo de proceder a su repoblación por cuestiones de restauración forestal y de control de la erosión en las cuencas hidrográficas. Sin embargo, transcurrido este período, se devolverían a las comunidades locales, lo que, en efecto, sucedió en otras áreas del país a partir de 1976, tras la Revolución de los Claveles, ocasionando un

régimen de cogestión entre los *compartes* (propietarios privados de un comunal), los ayuntamientos (*Juntas de freguesia*) y el Estado según diferentes modalidades (Rego & Skulska, 2019; Ribeiro Lopes, 2008).

El caso del Perímetro Forestal de Manteigas ha sido particular, porque a partir del momento en el que el Ayuntamiento de Manteigas cedió al Estado el conjunto de todas las tierras baldías del municipio de Manteigas, en el año 1888, el Estado las bloqueó y conformó el perímetro forestal, cuyo modelo de gestión perseguía la restauración forestal. Los trabajos de repoblación forestal comenzaron y, entre 1914/1919 se confirmó el estatuto de régimen forestal. Desde su inicio, se consideró un modelo de gestión privada por parte del Estado al haber quedado bajo el régimen forestal total. Únicamente casi 50 años más tarde del inicio del proceso de cesión, en 1939, se aprobó su proyecto de repoblación y, en 1976, se integró en el Parque Natural de la Serra da Estrela. Ya a finales del siglo XX, transcurridos los periodos normales de bloqueo de las tierras por el Estado, las unidades mínimas administrativas (*Juntas de freguesia*) en las que se sitúa el perímetro forestal –la Junta de Freguesia de São Pedro y la Junta de Freguesia de Santa Maria– iniciaron un proceso legal para que las tierras no se considerasen oficialmente propiedad privada del Estado, habiéndose podido detener los trámites para su oficialización. Desde ese momento (1993) hasta 2002, esta área fue gestionada por los servicios regionales tutelados por el Ministerio de Agricultura (actual *Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro*), que son el puente entre las políticas nacionales y las actividades locales (Germano, 2000). En 2002, según la Ley de los Baldíos, las tierras finalmente se devolvieron a las comunidades locales de las dos freguesias mencionadas, pasando oficialmente a un régimen de gestión compartido entre el Estado (ICNF) y los compartes (>1000 compartes, cuya asamblea se formó en 1998).

En España, por su parte, a mediados del siglo XIX, también se transformó el sistema de propiedad y tenencia de un régimen feudal a un régimen liberal, mediante las leyes de desamortización; es decir, se desarticuló el sistema basado en la propiedad (i.e., a quién pertenecía la tierra) y se instaló un nuevo sistema de tenencia, basado en el aprovechamiento (i.e., quién tiene derecho a aprovechar la tierra) (Montiel-Molina, 2003). En 1811, se suprimieron los “señoríos” y, o los vecinos se asociaron y le compraron

los montes al heredero del antiguo señorío, convirtiéndose más tarde en montes del común, o bien el municipio se quedó como beneficiario (Rodríguez Sánchez, 2015).

El sistema comunal de pastos en la Sierra de Ayllón, que había funcionado en Ayllón desde al menos 1149 (fecha en la que Alfonso VII le concedió el privilegio al Común de Villa y Tierra de Atienza), se comenzó a reorganizar por una sucesión de conflictos por los pastos y por las roturaciones en los comunales –conflictos entre los vecinos del mismo pueblo– además de que la Mesta entendía que el paso del ganado trashumante en las vías pecuarias tendría derecho a aprovechar libremente las dehesas de los pueblos –conflictos entre pueblos–, habiéndose creado restricciones de diferente orden por medio de cartas ejecutorias reales, hasta que en 1833 se transformó en un régimen municipal. En ese momento, ya se habían roto las comunidades de pastos, que pasaron a corresponder exclusivamente al pueblo respectivo (López Gómez, 1974; António López Gómez, 1951). Cuando se elaboraron los catálogos de MUP y los planes de ordenación de los respectivos MUP, casi todo el área de la Sierra de Ayllón pasó a seguir sus orientaciones, en las que el municipio es el propietario que concede las licencias de aprovechamiento y el Estado define los términos generales de esos aprovechamientos.

Esto significa que en las dos sierras cambiaron los comunales y se configuró un sistema de propiedad con nuevas características, lo que generó tumultos entre la población y un aumento de los incendios. Las comunidades locales gestionaban ambos comunales y, después del cambio, los ayuntamientos y el Estado eran los encargados de la gestión. Son ellos quienes concedían las licencias de aprovechamientos, y que definían, entre otras, las políticas públicas de exclusión del fuego de los montes para el control del problema en las sierras, territorio en donde a lo largo del tiempo los pastores habían utilizado el fuego para mantener la vegetación (Jansen, Rego, Gonçalves, & Silveira, 1997). Por lo tanto, constituyeron la raíz del impacto en el paisaje y en su dinámica, lo que consolidó aún más la importancia de la escala local y el impacto de las políticas definidas a nivel nacional.

Por lo tanto, los cambios tanto en el componente socioespacial de organización territorial, i.e., el sistema de propiedad, principalmente, y la tenencia de la tierra como

en el sistema de gestión del espacio forestal, son los que condicionaron la primera y la segunda pirotransición.

6.1.4 La relación entre el sistema de gestión del espacio forestal y el sistema de población

Como se ha observado, el régimen forestal, la ordenación y la protección de los montes tuvo consecuencias en la organización de los aprovechamientos y, junto con el cambio de estilo de vida, la reducción de la búsqueda de los productos forestales y el éxodo rural, el valor de los productos forestales ha descendido, por lo general.

La integración en el régimen forestal total de los baldíos que formaron el Perímetro Forestal de Manteigas, y su posterior cogestión entre el Estado y los compartes, implicaba que los compartes definían los términos de aprovechamiento dentro del plan definido por el Estado, el que recibía menos de la mitad del dinero total por el disfrute. Los compartes recibían el montante restante, y lo utilizaban para mejorar los baldíos, según las condiciones definidas por el Estado, ya que toda el área del Perímetro Forestal de Manteigas se encontraba bajo un régimen forestal total. Se ha podido observar que Manteigas, en comparación con Ayllón, siempre ha estado históricamente conectada al uso del bosque desde un componente más forestal (madera, leñas, pastos y otros aprovechamientos como, p. ej., setas y caza). Sin embargo, después de la pirotransición de mediados del siglo XX, este sector comenzó a cambiar y, actualmente, el sector forestal maderero, el cual ha sido el mayor empleador del área a lo largo del tiempo, ha sido adelantado por el sector terciario de los servicios, debido al éxodo rural, al descenso de la población, al cambio del estilo de vida y a la pérdida de valor económico de los productos forestales. En el siglo XXI, cerca de la mitad de los cuarteles en los que se divide el Perímetro Forestal de Manteigas sigue un modelo silvoagrícola, y el pastoreo de ganado ovino y caprino se ha reducido drásticamente frente a los valores históricos.

En 2019, en definitiva, se cambia a un enfoque ambiental, atribuyéndole a este espacio las cuatro siguientes funciones: la conservación de los hábitats, el recreo y la valorización del paisaje, la silvopastoricia, y la caza y la pesca en aguas interiores; además, se encamina a una ocupación predominante de *Pinus pinaster*, con un máximo de ocupación de 25 hectáreas de *Eucalyptus* spp. (lo que significa que, frente a la

ocupación actual, queda prohibida la expansión de este tipo de poblamiento) (Diário da República, Portaria n.º 55/2019 de 11 de fevereiro, 2019).

Con respecto al Jarama y al Sorbe, con la organización y la repoblación de los MUP (los cuales representan el área más extensa de la sierra), estos pasaron a ser gestionados por el Estado, el quien recibe una cantidad de las subastas de los pastos, que son subastados al pueblo (i.e., los vecinos pagan por cantidad de cabezas de ganado), y define los términos del disfrute, p. ej., que en primavera se acoten para facilitar la regeneración natural. Además, hay bienes de propios, gestionados por el ayuntamiento, quien recibe la cantidad y define los términos del disfrute (que no son tan rigurosos como en los MUP). Por otro lado, también hay tierras más pobres de propiedad comunal o de algunos vecinos, los cuales lo gestionan. Por último, hay tierras de barbecho y rastrojos que se aprovechan sin pago. Los escasos prados son propiedad particular y se disfrutan de acuerdo con las condiciones definidas por sus propietarios (António López Gómez, 1951). Actualmente, el sector de explotación industrial de madera en Ayllón se basa en unas pocas empresas de reducida dimensión; en cuanto al sector forestal, no funciona porque los productos forestales no gozan de suficiente valor.

Actualmente, tanto el Sorbe –con un carácter más ganadero y con la vertiente del turismo de naturaleza por el Parque de Tejera Negra– como el Jarama –con un carácter más turístico por el patrimonio y la arquitectura negra, aunque El Cardoso de la Sierra también tenga un carácter ganadero– presentan una densidad poblacional muy escasa, una elevada despoblación y un envejecimiento y una estacionalidad de la población, junto con las casas vacacionales y con el turismo de naturaleza, de muy débil tejido empresarial y con muy escasas infraestructuras. Por otro lado, este territorio no muy alejado de Madrid, presenta recursos naturales, culturales y patrimoniales de mucho valor, con un turismo creciente, y algunas señales de rehabilitación (p. ej. la recuperación de pueblos deshabitados).

Por lo tanto, los cambios en el valor de los productos forestales, el proceso de abandono que han sufrido ambas sierras a escala local –Manteigas, Sorbe y Jarama– y los conflictos entre la Administración Forestal y los pueblos por la organización de los

montes y su aprovechamiento, son los factores que han preparado la tercera pirotransición (Figura 50).

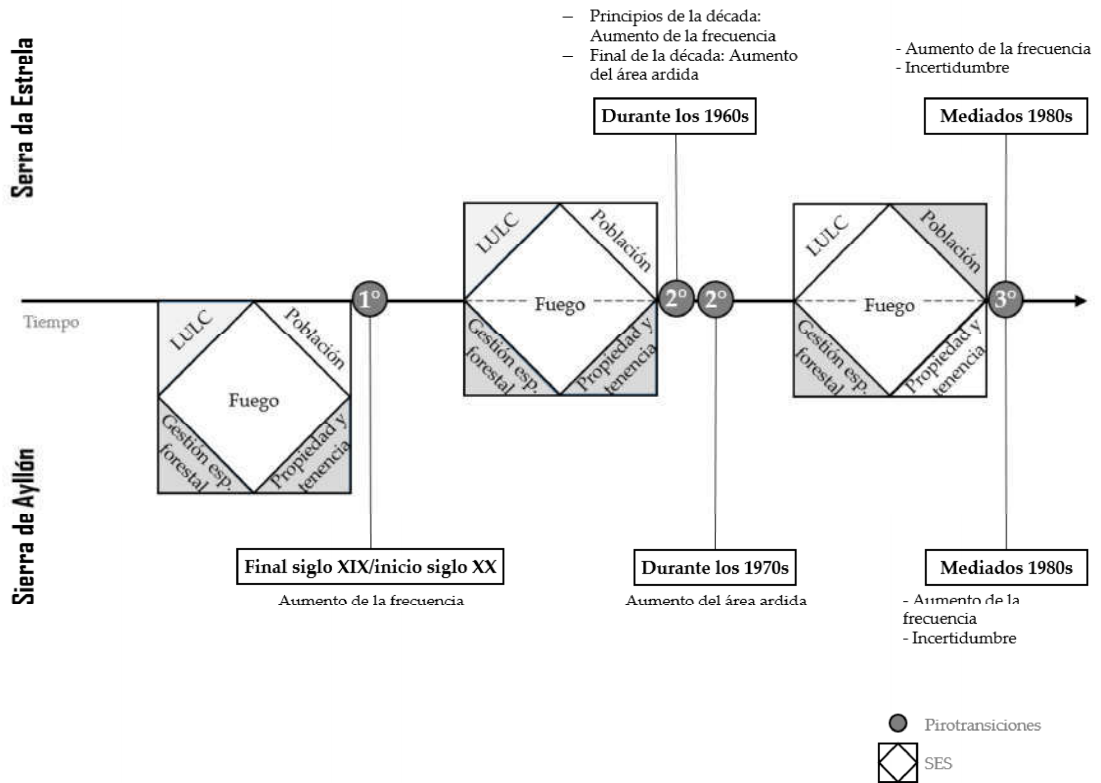


Figura 50. La relación entre los cambios en la organización del paisaje y la evolución del régimen de fuego en los dos extremos del Sistema Central. En gris están los componentes del sistema que han preparado las pirotransiciones subsiguientes.

Las nuevas funciones atribuidas a las dos sierras tienen un fuerte componente turístico, lo que significa que, a través de nuevas actividades como el turismo rural, el usuario final del paisaje rural es, al igual que en las últimas décadas, la población urbana (Costa, 2012). Así, el enfoque de actividades también se trasladó de la agricultura y la silvicultura (productivista) al patrimonio de conservación ambiental y de identidad, abriéndose a nuevas interpretaciones y conceptos relacionados con estos lugares (Agnoletti & Santoro, 2015). De hecho, el uso del concepto “paisaje cultural” es algo relativamente reciente y cada vez más común y recurrente, y deriva de una adaptación del término “paisaje” al contexto de las dinámicas cambiantes desde la primera pirotransición y la evolución de la forma de interpretar el paisaje como un SES y la creciente preocupación ambiental que ha acabado insertándose en los años noventa en la terminología oficial. La dialéctica histórica fuego–paisaje es, como se ha demostrado

a lo largo de la investigación, fundamental para comprender las diferencias socioespaciales del régimen de fuego en la actualidad. El régimen de fuego ha sido un proceso muy dinámico en el tiempo, estrechamente vinculado a los aspectos socioeconómicos y socioespaciales de organización territorial. Invariablemente, siempre que el régimen de fuego, los montes y la sociedad no han estado en sintonía, el resultado no ha sido positivo. La falta de sintonía es la falta de equilibrio de los diferentes componentes del paisaje que ha preparado las pirotransiciones encontradas. En definitiva, el paisaje y el fuego interactúan como componentes de un SES y, cuando se desequilibra ese SES, la relación se altera y el riesgo de incendios se maximiza.

Así, en cuarto y último lugar, se identifica una relevante interacción entre el sistema de gestión del espacio forestal, i.e., la componente técnica y socioeconómica, y el sistema de población.

6.2 RESILIENCIA DEL SISTEMA SOCIOECOLÓGICO AL FUEGO

Los paisajes de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón cuentan con una huella humana muy evidente, por lo que su relación con el fuego está profundamente humanizada. El ser humano es un elemento híbrido al ser parte integrante de cualquiera de los componentes identificados en el SES de los dos extremos del Sistema Central. Esto implica que no solo puede influir en los regímenes del fuego, sino que su presencia puede anular o desvanecer los factores ambientales a escala local (Syphard *et al.*, 2017). Por lo tanto, tanto el contexto geográfico local como la influencia humana deben considerarse materias prioritarias en la gestión nacional de los incendios forestales. En el capítulo 5 se ha observado que la dimensión social del SES es muy relevante, lo que justifica adecuadamente el enfoque de esta tesis. Asimismo, se ha contemplado que varios autores han subrayado la importancia de la escala local, ya que los parámetros considerados para definir los escenarios y predecir la ocurrencia del fuego cambian en su interacción con el contexto a esa escala, especialmente al considerarse las aportaciones e interacciones con la población local y entre ella (Paveglio, Abrams, & Ellison, 2016).

En cuanto al SES identificado en cada una de las sierras es interesante comprender que el componente LULC se relaciona con los demás componentes identificados a lo largo de investigación (**Figura 48**) pero este, en realidad, no ha contribuido directamente a las pirotransiciones identificadas (**Figura 50**), sino que los cambios en ese componente han sido siempre una consecuencia de alteraciones en otros componentes del SES. Sin embargo, a pesar de que el grado de ruralidad de Ayllón es el máximo posible, mientras que en el caso de Estrela existe cierto grado de urbanización y, por lo tanto, se trata de casos diferentes, parece extraerse de sus planes que las dificultades estructurales actuales son similares: una población vacacional desubicada del contexto territorial rural y un LULC susceptible al fuego, lo que sugiere que, al existir una nueva pirotransición en las dos sierras, esta estará fuertemente conectada directamente al LULC, a diferencia de las anteriores. Por esa razón, y puesto que el año 2017 ha sido ya a nivel nacional una demostración de ese escenario devastador, su proyección de evolución futura cuenta con un gran interés en las mismas áreas territoriales.

Tradicionalmente, las proyecciones de cambios del LULC a nivel local se han realizado mediante modelos matemáticos (p. ej., a través de cadenas de Markov) con recurso a mapas del LULC recientes y asumiendo que las tasas de cambio del LULC se mantendrían (Balzter, 2000). Sin embargo, los estudios efectuados en otras áreas han concluido que, alternativamente, las proyecciones con base en encuestas a los propietarios, en sus futuros planes y las acciones para sus propiedades, son más correctas a la hora de proyectar el futuro en cuanto a los cambios del LULC (Nielsen-Pincus *et al.*, 2010; Pocewicz *et al.*, 2008). Esto significa que en las dos sierras de estudio el escenario se vuelve totalmente dependiente de las políticas nacionales, regionales y municipales, al ser ambas mayoritariamente de propiedad pública (el régimen forestal total y los MUP), y la proyección más correcta se referiría a posibles escenarios de cambio de políticas.

Los bosques de hoy son bosques de edad relativamente joven, compuestos por pocas especies de árboles, consecuencia de la historia forestal de los últimos siglos explicada anteriormente (E. E. A., 2006). Asimismo, se ha observado que el monte bajo es más propenso al fuego en las dos sierras que el monte alto y su regeneración también es más rápida. Ahora bien, estas dos condiciones contribuyen a que el paisaje no sea tan resiliente al fuego como podría serlo, según las pautas generales actuales dirigidas a crear paisajes rurales resilientes al fuego, pero también es posible que los instrumentos políticos actuales viabilicen más la resiliencia de los matorrales y no tanto la resiliencia del monte alto al no fomentar su regeneración después del fuego.

En la actualidad, en la Serra da Estrela, el riesgo de incendio es elevado y, específicamente en Manteigas, es muy elevado, según la carta de riesgo de incendio definida por la DGRF; se inserta en la *Zona Crítica da Serra da Estrela* por sus características físicas, por las características del LULC (especialmente, el matorral) y por las condiciones meteorológicas (**Tabla Anexo 1**). En efecto, el factor de incertidumbre con respecto a los incendios es elevado, como producto del débil mantenimiento del combustible y también por la población estacional relacionada con el turismo. Ya que la principal función definida de esta sierra por su correspondiente PROF es el recreo y la estética del paisaje, junto con su protección y conservación, se espera que la población estacional aumente en el futuro próximo, potenciando un incremento del riesgo.

El Plan Director Municipal del Concelho de Manteigas menciona la importancia de la sostenibilidad de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales a través del mantenimiento de la continuidad de los procesos ecológicos, pero no elabora directrices sobre incendios (Diário da República. 2ª série. 19 de novembro, 2015). Sobre ese tema, a partir del 2007/2008, en una iniciativa conjunta de los servicios forestales, de las empresas, de los productores forestales y de los ayuntamientos del Distrito de Guarda, se ha puesto en marcha la aplicación en los planes a escala municipal (Planes Municipales de la Defensa de la Foresta Contra Incendios 2019–2028, PMDFCI), las medidas de prevención específicas que cubren casi toda la Serra da Estrela, tales como una red primaria de pistas de gestión de combustible y un plan de uso de fuego controlado. Específicamente para Manteigas, se ambiciona reducir significativamente el promedio de área ardida anual y el número de incendios hasta el año 2028 (Direcção de Unidade de Defesa da Floresta, 2018). Las medidas mencionadas se insertan en un modelo de gestión integrada al gestionar el combustible y mantener las tierras de pastoreo donde aún existe. El PMDFCI–Manteigas elabora, específicamente, un apartado estratégico para aumentar la resiliencia del territorio a los incendios forestales (Direcção de Unidade de Defesa da Floresta, 2018), aunque solo considere los sistemas de gestión del espacio forestal (p. ej., las medidas de gestión del combustible) y el LULC (p. ej., la estabilización del LULC para una utilidad social), y aunque excluya los demás sistemas identificados como importantes en el respectivo SES. También sobre la misma fecha, Jansen (2008) hablaba del único sistema de explotación ganadera existente en la Serra da Estrela, de sus amenazas o de su posibilidad de desarrollo, pero una década más tarde se concluyó que no había habido una evolución en el sentido del desarrollo y de la resiliencia del sistema.

En España, el Gobierno Regional (las Comunidades Autónomas) es el que se encarga de la regulación forestal, y el planteamiento actual se enfoca más en la conservación que en la gestión forestal sostenible (Montiel-Molina & Galiana Martín, 2005). Sin embargo, con la Ley de montes y gestión forestal sostenible de Castilla-La Mancha, en 2008, se definió la gestión sostenible y se dieron directrices para su ejecución (**Tabla Anexo 2**). En ella se consideran ambos sistemas, el social y el ecológico, pero en España se concluyó que este planteamiento actualmente no es eficiente, en parte, por la

baja rentabilidad de las forestas mediterráneas, la falta de compensación económica por los servicios ambientales y por la falta de las redes sociales y la coordinación entre planificación forestal y territorial (Valls *et al.*, 2012). En cuanto a los incendios, el Plan Director de Defensa contra Incendios Forestales de Castilla-La Mancha se orienta, sobre todo, a la eficacia de la extinción a través de una acción coordinada de todos los actores en el proceso. En este se enuncian una serie de circunstancias del territorio que provocan que los incendios sean particularmente peligrosos, entre las que se ubican las condiciones climáticas favorables para la propagación, las características del LULC (las extensas masas densas de coníferas de repoblación con un elevado índice de inflamabilidad y una falta de mantenimiento, numerosos matorrales y pastos, también con elevados índices de inflamabilidad), y las características de la población (la habitualidad en el empleo del fuego, los ganaderos y agricultores, y la población vacacional urbana desubicada del contexto rural) (Plan General de Lucha Contra Los Incendios Forestales en Castilla-La-Mancha - Archivo Dirección Provincial Guadalajara, Caja MA-1224).

No obstante, resulta especialmente sugerente contemplar que, en 1988, en el Plan Comarcal de Defensa Contra Incendios Forestales de la Sierra de Ayllón de 1988, se muestra una situación bastante diferente y que preveía las condiciones actuales. En el referido plan, se indica que, a esa fecha, el riesgo de incendio era muy bajo por la alta despoblación y el éxodo rural, junto con el descenso de la actividad ganadera y de pastoreo, lo que atenuaba el efecto de los incendios accidentales. Por otra parte, se refiere que en un futuro esta misma “ventaja” culminaría en una acumulación de la masa combustible vegetal y que se traduciría, en contrapartida, en un aumento del riesgo por falta de mantenimiento, particularmente por la cabaña ganadera. Se refiere que las zonas con más riesgo serían las más fácilmente accesibles por los turistas excursionistas y que el riesgo que representarían las quemadas no se eliminaría con su prohibición, sino con un control exhaustivo. Por último, se menciona que el hecho de que las masas forestales no presentaran discontinuidades las volvería muy susceptibles al fuego en el futuro (sobre todo entre julio y septiembre), y que los montes correspondientes al área de estudio de esta tesis (en su mayor parte MUP) estaban, en ese momento, mejor ordenados y más protegidos por los habitantes de los pueblos (ICONA, 1988).

Recientemente, la Sierra de Ayllón ha sido considerada como una zona que revitalizar en la zonificación del Plan de Desarrollo Rural Sostenible de Castilla-La Mancha 2014–2020 (aplicación práctica de la Ley 45/2007 de 13 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural), el que incluye directrices generales para la ganadería extensiva en esta comunidad autónoma, referidas al control de combustibles y a la disminución del número de fuegos, así como de su extensión. Sin embargo, no existe un plan comarcal de desarrollo rural para este área, que se diferencia bastante de las que la rodean, como ya se había referido también en el plan comarcal de incendios de 1988 (JCCM, 2017, 2020).

A una pirotransición le antecede una pérdida de resiliencia del sistema, que podrá evitarse mediante una gestión sostenible del paisaje (Scheffer, Carpenter, Foley, Folke, & Walker, 2001). Como se ha podido confirmar, el equilibrio del sistema en los dos casos se ha roto a partir de la segunda pirotransición. Esto implica que una de las hipótesis para estabilizar el sistema actual consistiría en restaurarlo hasta el estado anterior, cuando había un equilibrio, perspectiva que Hessburg *et al.* (2015) ha abordado a través de la definición de siete principios fundamentales, entre los que se encuentran las políticas definidas del área y su sistema de propiedad.

La perspectiva histórica utilizada ha sido esencial para entender cómo ha reaccionado el sistema a los cambios en el paisaje (el LULC, la población y el poblamiento, la propiedad y la tenencia, la gestión del espacio forestal y el fuego), al igual que para entender cuándo se ha generado una situación de colapso del sistema y un desequilibrio no recuperable. Con todo, volver al estado inicial en estos dos casos no parece ser una hipótesis, ya que no parece viable que uno de los pilares del sistema –la población– vuelva al estado anterior. Además, volver al estado inicial de antes de la pirotransición implicaría estar sujeto al mismo grado de perturbación (Aldunce, Beilin, Handmer, & Howden, 2014), por lo que lo más adecuado sería considerar las dinámicas históricas y actuales del sistema, pero gestionarlas con flexibilidad de cara al futuro (Hansen, 2014), adaptando el paisaje, de forma que siga manteniendo sus procesos y funciones esenciales de antes de la última pirotransición (Canals, 2019); asegurando, de ese modo, la adaptabilidad a las nuevas condiciones, creando nuevas prácticas y respuestas dinámicas al cambio de régimen, y con un énfasis local relevante (Beilin &

West, 2016). La dimensión social del SES a escala local aún no está demasiado explorada, aunque una valoración de la disponibilidad y de la existencia de redes sociales entre los vecinos y los gestores para mitigar el riesgo de incendio podría cambiar las prioridades del planteamiento (Ager, Kline, & Fischer, 2015). Un ejemplo de una red social que tuvo un impacto positivo reciente en la resiliencia de Manteigas (el componente de población) fue analizado por Alves, Nunes & Silva (2016) que valoraron una estructura de alojamiento de turismo rural que está conectada con espacios fuera del municipio. Esto es imprescindible para entender que crear paisajes resilientes implica un fuerte componente de prevención, que no está única y directamente relacionado con las actuaciones en el combustible, sino también con los demás componentes que equilibran el SES, como vienen alertando varios expertos y estudios desde un pasado reciente, aunque con diferente terminología (p. ej., Alves *et al.* (2003), Gonçalves (2006), Magalhães *et al.* (2012), Montiel-Molina (2013b)). La capacidad de resiliencia socioecológica está en peligro cuando el abandono rural no está en línea con el desarrollo rural sostenible, y el resultado es un SES débil, vulnerable y poco robusto, como es el caso actual de las dos sierras en diferentes grados.

Mirando hacia el futuro, todas las previsiones indican un mayor número de incendios y de área ardida, especialmente en relación con el cambio climático (Fao & Plan Bleu, 2013). Habiéndose observado que en ambas sierras de estudio la vuelta a un SES equilibrado, que pudiera representar un paisaje resiliente al fuego, depende de las políticas y del gobierno en diversas escalas que se reflejen a escala local, es urgente que las iniciativas propuestas en la multitud de planes, entre los que se encuentran la Serra da Estrela y la Sierra de Ayllón, se concreten en acciones en el territorio que se entrelacen con las herramientas de gestión y el análisis de reducción de la incertidumbre (p. ej., los escenarios territoriales de fuego) y que aumenten, efectivamente, la resiliencia del paisaje rural al fuego. En realidad, el discurso introducido en los planes mencionados anteriormente acerca de Estrela y Ayllón pretende centrarse en el concepto de resiliencia del paisaje, debido a su creciente importancia, tal vez para crear conciencia de ello, al igual que ha ocurrido con los términos “paisaje cultural” y “SES”. No obstante, no termina de desarrollarlo en un sentido práctico, además de que, en numerosas ocasiones,

a lo que llama “resiliencia” parece, más bien, tratarse de una gestión integrada del fuego al centrarse en cuestiones directamente relacionadas con ese tema.

La teoría de la resiliencia identifica un sistema resiliente como un sistema dinámico, tolerante a perturbaciones, sin llegar a un colapso (Redman & Kinzig, 2003), haciendo hincapié en el equilibrio del sistema (Folke *et al.*, 2004). Así, parece esencial volver a subrayar que su aplicación a la resiliencia del paisaje al fuego, aunque con el inherente grado de abstracción, implica centrarse en el equilibrio del SES, conforme a lo investigado a lo largo de esta tesis. En efecto, la resiliencia es un rasgo propio de un paisaje equilibrado por lo tanto, crear un paisaje equilibrado (cuyos componentes identificados del SES se encuentren en equilibrio), resultará en un paisaje resiliente al fuego.

Según lo expuesto anteriormente, si una pirotransición representa la culminación de una situación de falta de resiliencia, no parece ser beneficioso tratar el régimen de fuego subsiguiente de forma mitigadora. Por el contrario, en la creación de paisajes equilibrados, como se ha contemplado, el fuego es un elemento integrado del SES y su régimen deberá ser definido según los objetivos de consistencia del régimen de fuego con el paisaje. Esto supone que el régimen de fuego se integre en la resiliencia del paisaje y, de esa forma, el SES estará equilibrado.

7 | CONCLUSIONES

Las zonas de montaña interiores de la Península Ibérica son, en la actualidad, territorios con un grado de complejidad elevado, derivado tanto de su ubicación geográfica como funcional, en términos de su inserción en el respectivo contexto nacional. En general, los cambios políticos y socioeconómicos de finales del siglo XIX y mediados del siglo XX han reconfigurado estos territorios, los cuales han reaccionado de formas diferentes, originando distintas realidades. En esto se incluye la industrialización del país y el desarrollo tecnológico de la agricultura, el éxodo rural, la mejora de la calidad de vida con la instalación de nuevos servicios, la articulación de las poblaciones con los mercados laborales regionales y urbanos, la mejora de la red viaria y del acceso a equipos y medios, el nuevo interés de las poblaciones urbanas por las zonas rurales, así como el inicio de las preocupaciones ambientales de la sociedad. Asimismo, la relación del paisaje con el fuego ha evolucionado de distintas formas según el territorio (Baptista, 2010; Carvalho, 2009; Cunha, 2003; European Commission, 2004; Fernandes, 2004, 2010b, 2010a, 2016; Fernandes & Abrantes, 2011; Fernandes & Rodrigues, 2011; Figueiredo, 2004; Kapos, Rhind, Edwards, Price, & Ravilious, 2000), y los dos extremos del Sistema Central –la Serra da Estrela y la Sierra de Ayllón– han demostrado ser un ejemplo de un resultado con características diferentes.

Se ha podido apreciar un contraste importante entre las dos sierras, en lo que se refiere al área ardida y al tamaño máximo de incendio anual en las décadas más recientes, en las que la Serra da Estrela representa inequívocamente un territorio más afectado por los incendios. Además, se ha verificado en ese período una interacción dinámica cercana y bastante similar entre el LULC y el fuego, en la que el fuego probablemente haya influido en las transiciones del LULC, y en la que el LULC haya influido en la selectividad del fuego en ambas sierras. Sin embargo, las diferencias que se han obtenido han destacado los dos diferentes SES característicos de cada sierra, su orientación hacia la explotación forestal en Estrela, y su orientación hacia la explotación ganadera en Ayllón.

Además, se ha podido trazar el perfil socioeconómico y socioespacial de las dos sierras desde el siglo XVIII/siglo XIX. El análisis del conjunto de la información

CONCLUSIONES

proveniente de esas fuentes históricas, junto con la información de la bibliografía han permitido definir, identificar y caracterizar los escenarios territoriales del uso del fuego y del régimen de fuego en la Serra da Estrela y en la Sierra de Ayllón. Así, se han identificado las características del uso del fuego dentro del contexto del sistema rural tradicional en las comunidades locales en las dos sierras, así como también se ha evaluado su evolución a lo largo del tiempo, estrechamente relacionada con los cambios en la organización del paisaje, culminando en una valoración de los efectos del fuego en el paisaje actual de la Serra da Estrela y de la Sierra de Ayllón, según los procesos de resiliencia, adaptación y cambio. La individualización de los asuntos de escenarios de fuego/estructura del paisaje (el LULC, la población, la gestión del espacio forestal y la propiedad y tenencia de la tierra) ha pretendido servir a esta tesis en cuanto a la interpretación del SES, con recurso a diversos tipos de información, como en el caso de otros autores previamente (p. ej., Nadal *et al.*, 2009).

Se ha comprobado que cualquier interrupción dentro del SES a lo largo del tiempo ha estado relacionada con un cambio brusco en el régimen de fuego en cualquiera de las dos sierras. Es más, se ha concluido que, a pesar de compartir rasgos por formar parte de la misma región natural, los factores ambientales (p. ej., el rango de altitud, y las precipitaciones anuales) difieren en las dos sierras. Sin embargo, los factores contextuales humanos han sido más importantes que los ambientales a la hora de explicar los cambios en el riesgo de incendios rurales en ambos casos a lo largo de los dos últimos siglos. En efecto, el contexto político y socioeconómico ha generado distintas causas humanas indirectas de incendios en los siglos XIX y XX.

El fuego ha desempeñado un papel en el modelado de la vegetación que se encuentra actualmente en estos dos territorios, pero su nivel de importancia solo podría llegar a determinarse tras la evaluación de los parámetros de los incendios históricos. Así, la consulta de las fuentes históricas utilizadas en esta tesis ha permitido completar la base de datos histórica de incendios forestales iniciada en España con los datos del sector portugués del Sistema Central. Con ello, se ha podido valorar, validar, contrastar y comparar la información histórica y la información estadística sobre incendios rurales en la Península Ibérica, analizando las diferencias entre las dos sierras en la frecuencia,

el área ardiada, la causa y la distribución espacial, mediante la selección de los métodos de análisis más adecuados para cada caso.

Se destaca la identificación de las pirotransiciones encontradas a escala de paisaje de las dos sierras, y a escala local de la Sierra de Ayllón. A escala de paisaje, se han encontrado dos pirotransiciones y, a escala local, se han identificado tres pirotransiciones relacionadas con diferentes causas. Estas han podido compararse con las dos pirotransiciones previamente encontradas por Montiel-Molina *et al.* (2019) a escala regional del Sistema Central (una a finales del siglo XIX, motivada por cambios en el sistema sociopolítico y otra, a mediados del siglo XX, motivada por cambios en el sistema socioeconómico). El desfase encontrado ha confirmado la importancia de la escala de análisis.

En la Sierra de Ayllón, las principales fuerzas motrices del cambio del régimen de fuego, i.e., las causas de las pirotransiciones que se han comprobado y que han dado forma a los escenarios de fuego en los siglos XIX y XX han sido la gestión del espacio forestal y los cambios en el LULC, que han derivado de cambios en otros componentes del SES. Esto significa que la base de cambio sociopolítico y socioeconómico ha sido común a todos los países mediterráneos (Millington *et al.*, 2007), encontrándose sus especificidades a escala local (Mazzoleni *et al.*, 2004). En la Sierra de Ayllón, la influencia del SES en el régimen de fuego se evidenció a través de las pirotransiciones identificadas a finales del siglo XIX, en la década de los setenta y a mediados de la década de los ochenta.

Se ha insistido en la importancia de la escala local a través de la identificación de las fuerzas motrices de los cambios del régimen de fuego con recurso a los conceptos de escenarios territoriales e incendios-tipo, con el fin de demostrar la importancia espaciotemporal en la definición del problema de los incendios rurales.

Con lo anterior, se ha podido confirmar la hipótesis de la tesis que sostenía que el paisaje y el fuego interactúan como componentes de un SES. Cuando se desestabiliza ese SES, la relación se altera y el riesgo de incendios se maximiza. En efecto, se ha concluido que, en ambas sierras, la relación entre los regímenes del fuego y la dinámica de los escenarios de incendio/estructura del paisaje han provocado los principales cambios en

CONCLUSIONES

el régimen de fuego a lo largo de los siglos XIX y XX. A escala local, se ha podido concluir que, antes de la segunda pirotransición, el fuego constituía un elemento bien integrado en el paisaje rural, utilizado como una herramienta de gestión del espacio. Cuando se desarticuló el sistema rural tradicional en las dos sierras, el régimen de fuego se convirtió más bien en un régimen de incendios, lo que significó un aumento tanto en la frecuencia de incendios, como en el área ardiada y el inicio de un período de incertidumbre. Las causas de los incendios previas a la desarticulación del sistema rural tradicional habían estado principalmente relacionadas con el uso del fuego en las actividades rurales y, después de ello, han empezado a vincularse con el desarrollo socioeconómico y con el cambio del estilo de vida en los dos países. Localmente, en Manteigas, en los años sesenta, el éxodo rural (la despoblación y el abandono rural) generó un desequilibrio estructural del paisaje, junto con los incendios rurales por causas humanas. Por esto, en el siguiente período, el fuego ha funcionado como un factor de degradación del paisaje. También localmente, en el Jarama y en el Sorbe, el hecho de que uno de los elementos clave que propiciaban el equilibrio del sistema –la gestión del espacio forestal– se haya mantenido, ha posibilitado que el fuego haya continuado funcionando como un factor de mantenimiento del paisaje. Por otro lado, en el siglo XXI, se ha concluido que el uso del fuego ha originado dos paisajes estructuralmente distintos, ya que, en Estrela, el fuego aparece como un elemento desconectado del territorio, cuyo resultado sigue siendo una degradación; mientras que, en Ayllón, a pesar de la incertidumbre, en comparación, parece haber una trayectoria más equilibrada. No obstante, ambas sierras presentan desafíos estructurales actuales con una base similar: una población vacacional desubicada del contexto territorial rural y un LULC susceptible al fuego.

La cultura del fuego implicaba que ese elemento estaba insertado en el sistema rural tradicional, utilizándose como una herramienta de gestión del territorio en las actividades diarias agrícolas y forestales de forma controlada. En los momentos de inestabilidad del sistema rural, como han sido el inicio de las actividades de repoblación por la Administración Forestal en el siglo XIX en ambas sierras y el éxodo rural en el siglo XX, la frecuencia de incendios y el área ardiada han aumentado. Asimismo, habiendo averiguado los componentes que controlaban los patrones espaciotemporales de los incendios a lo largo de los últimos dos siglos, objetivamente se pueden evaluar las

ventajas de mantener paisajes alterados en las últimas décadas, según el modelo actual, o intentar orientarlas al equilibrio de su sistema de acuerdo con el conocimiento histórico.

Se considera que se ha puesto de relieve la importancia de encontrar las relaciones históricas entre sociedad y naturaleza, a través de un método de análisis socioecológico integrado, cuyo punto de partida es el estado actual. Al haber interpretado la dimensión social del SES en término de los cambios en el régimen de fuego (pirotransiciones) a lo largo del tiempo, se ha confirmado así que la escala espaciotemporal es uno de los factores más importantes a la hora de evaluar las dinámicas del paisaje (Turner, Romme, Gardner, O'Neill, & Kratz, 1993).

Un paisaje resiliente al fuego es un paisaje cuyos componentes del SES se encuentran equilibrados entre ellos. Por lo tanto, el aumento de la resiliencia se presenta en el establecimiento de una organización equilibrada del paisaje, i.e., en la creación de paisajes deseados, explotando plenamente los instrumentos políticos disponibles e incluyendo el régimen de fuego como un elemento integrado en el paisaje, y no al contrario. De este trabajo se concluye que tener paisajes resilientes implica más que mitigar los efectos del régimen de fuego actual, o sea, significa que haya paisajes socioeconómicamente viables para enfrentar las futuras perturbaciones y mantener el equilibrio dinámico sin llegar al colapso.

En general, en las áreas de montaña interiores de la Península Ibérica, la comprensión de las condiciones pasadas, así como la comprensión de las dinámicas que influyeron en esas condiciones, proporciona un entendimiento de la conformación de las condiciones actuales del sistema, e incluso podrá proporcionar indicios de lo que esperarse en el futuro (Landres, Morgan, & Swanson, 1999). En ese sentido, esta tesis proporciona una aportación considerable a la comprensión e integración de los regímenes del fuego históricos y de la dinámica del paisaje en la gestión actual del paisaje hacia su resiliencia al fuego. La recopilación de los datos históricos a largo plazo, junto con el análisis de los diferentes componentes a lo largo del tiempo han permitido obtener una perspectiva más clara de los cambios sucedidos y de cuáles son los componentes que más han contribuido para ello. Sin embargo, también sería interesante poder

CONCLUSIONES

enriquecer los resultados obtenidos con otros resultados provenientes de distintas metodologías en las mismas sierras, tales como la datación de los anillos de los árboles. Es más, los paisajes del presente son el producto de las estrategias de uso y la gestión históricas, y nos parece que en esta tesis se ha realizado un estudio bastante exhaustivo del SES histórico. No obstante, como afirma Smith *et al.* (2016, p. 139): “*firescapes include past, present, and projected future human–fire interactions*”, por lo que el trabajo futuro podría orientarse hacia la continuación de la línea temporal iniciada y la modelación de los escenarios futuros del régimen de fuego en las dos sierras, considerando diferentes posibles trayectorias en los sistemas clave identificados. Además, esta tesis no ha cerrado la línea de investigación, sino que anima a una continuación de la aplicación de la metodología desarrollada a otros casos en la Península Ibérica. Desde la perspectiva de un SES, todos los sistemas son vulnerables, de alguna forma, al riesgo de incendio, pero un análisis a escala local que contemple las medidas de reducción de la vulnerabilidad y sus resultados, podría llegar a adaptarse a algunos casos con características similares (Kolden & Henson, 2019).

En realidad, los resultados obtenidos tras el análisis de la dinámica del paisaje en el pasado fortalecen la importancia de la escala local de estudio. El empleo de la escala local podría contemplarse como una limitación de nuestra investigación (Gaspar, 2001); sin embargo, los resultados obtenidos, en lugar de sugerir un cambio de escalas en futuras investigaciones, contribuyen a reforzar la importancia de la escala local al definir políticas de acción a nivel regional y nacional. Asimismo, los datos predominantes utilizados en este trabajo son de origen geohistórico, lo que constituye una limitación debido a su naturaleza. No obstante, la metodología seguida, definida por el Grupo de Investigación Complutense "Geografía, Política y Socioeconomía Forestal" en el año 2011, posee una base científica rigurosa, aprobada por la comunidad científica (Montiel-Molina *et al.*, 2019). Además, se ha comprobado la validez de estos datos a la hora de integrar diferentes metodologías de análisis para una reconstrucción de los regímenes del fuego a muy largo plazo (Camarero *et al.*, 2018, 2019). Por otra parte, se ha intentado expandir el componente humano aparte de la variable temática de población, como otros autores sugerían (p. ej., Coughlan, 2015). Sin embargo, al tratarse de un enfoque histórico, hay limitaciones relativas a lo que se ha registrado a lo largo del tiempo y esa

CONCLUSIONES

variable es, sin duda, la más fiable, por lo que su empleo se considera válido y suficiente en esta tesis. Por último, la teoría de la resiliencia predice que los sistemas complejos exhiben interacciones dinámicas de escala cruzada a nivel temporal y espacial (Redman & Kinzig, 2003). Sin embargo, la investigación que se ha llevado a cabo en este trabajo sobre periodos históricos alargados ha condicionado el análisis en escalas temporales anuales históricas debido a la naturaleza de los datos, lo que conviene señalar que no constituye directamente una limitación.

Así, esta tesis proporciona una contribución novedosa que refuerza la importancia de integrar las lecciones aprendidas en la historia de la ciencia del fuego actual. Los hallazgos sobre los regímenes del fuego pasados demuestran ser el punto de partida para comprender uno de los mayores problemas ibéricos y la metodología es, potencialmente, extrapolable a otras áreas.

7.1 CONCLUSIONS

The inner mountain areas of the Iberian Peninsula are now territories with a high degree of complexity derived from their geographical and functional location. In general, the political and socioeconomic changes of the late 19th and mid-20th century in Portugal and Spain have reconfigured these unique territories, giving rise to different current conditions in each of them. These changes included the countries' industrialization and agricultural technological development, rural exodus and articulation of populations with regional and urban labor markets, improvement of quality of life, novel interest of urban populations in rural areas, and the beginning of society's environmental concerns. Likewise, during this period, the relationship between landscape and fire has evolved in different ways in Spain and Portugal (Baptista, 2010; Carvalho, 2009; Cunha, 2003; European Commission, 2004; Fernandes, 2004, 2010b, 2010a, 2016; Fernandes & Abrantes, 2011; Fernandes & Rodrigues, 2011; Figueiredo, 2004; Kapos, Rhind, Edwards, Price, & Ravilious, 2000). As a result, the two ends of the Central Mountain System, Estrela and Ayllón massifs, have developed contrasting landscape and fire characteristics that are in both cases related to the social-ecological system.

In the last decades, substantially more area burned with greater maximum annual fire size in Estrela massif compared to the Ayllón massif where fires were historically relatively small and infrequent. Nonetheless, a quite similar and dynamic interaction between fire and the land use land cover (LULC) in which fire has likely influenced by the LULC transitions, and in which the LULC likely influenced fire selectivity in both massifs. The current differences in LULC and recent fire history have highlighted the two dissimilar socio-ecological systems (SES): one in Estrela oriented towards logging, and the other in Ayllón oriented towards livestock grazing.

Based on our analysis of the historical LULC and fire, along with review of the literature about the socioeconomic and socio-spatial profiles of these two massifs since the 18th and 19th centuries, we defined, identified and contrasted the territorial scenarios of fire use and fire regime in Estrela and Ayllón massifs. We were able to characterize the fire use in the local communities within the context of the traditional rural system

and its development over time. We found that the traditional rural system and its development contributed to changes in landscape composition that then influenced the effects of fire on the current landscape of the Estrela and Ayllón massifs, demonstrating the processes of resilience, adaptation and change. We interpreted the fire scenarios and landscape (LULC, population, forest management activities, and land ownership) in terms of a SES.

The substantial changes and contrasts in the fire regime, over the two centuries analyzed, in these two massifs was related to interruptions in the SES over time. We concluded that despite being part of the same natural region unit, altitude and annual rainfall differ somewhat in the two massifs. Human contextual factors, including political and socioeconomic context, were more important than the environmental factors in explaining changes in the risk of rural fires in both massifs over the past centuries. Indeed, the political and socioeconomic context has generated different indirect human causes of fires in the 19th and 20th centuries. In these two centuries, fire influenced the current vegetation, in part because humans have shaped the fires through fire use, fire suppression, and land uses. Thus, the consultation of the historical sources used in this thesis allowed us to complete the historical database of forest fires. This database, initiated for Spain, was expanded with data from the Spanish and Portuguese sectors of the Central Mountain System. Therefore, we assessed, validated, and compared the historical and statistical information on rural fires in the Iberian Peninsula, analyzing the differences between the two massifs in frequency, burned area, cause and spatial distribution.

Pyrotransitions, i.e. tipping points, found at the landscape scale of the two massifs and at the local scale of the Ayllón massif, stand out. At the landscape and local scale, two and three pyrotransitions were respectively identified related to different causes. These have been compared with the two pyrotransitions previously found by Montiel *et al.* (2019) at the regional scale of the Central Mountain System, one at the end of the 19th century motivated by changes in the socio-political system and the other in the mid-20th century motivated by changes in the socioeconomic system. The lag found between them has confirmed the importance of the scale of analysis.

CONCLUSIONES

In the Ayllón massif, the main driving forces of change responsible for shaping the fire regimes in the 19th and 20th centuries were forest management activities and LULC changes. In turn, these resulted in changes in other components of the SES. This implies that the socio-political and socioeconomic change base has been common to all Mediterranean countries (Millington *et al.*, 2007), meeting its specificities at the local scale (Mazzoleni *et al.*, 2004). In the Ayllón massif, the pyrotransitions identified at the end of the 19th century, in the 1970s and in the mid-1980s allowed us to show the influence of the SES in the fire regime. The importance of using a local scale of analysis was stressed through the identification of the driving forces of fire regime change using the concepts of territorial and fire-type scenarios.

The hypothesis that the landscape and fire interact as components of a SES was confirmed. When that SES is destabilized, the relationship between landscape and fire is altered and the risk of fire is increased. In both massifs, changing landscape structure caused the main changes in the fire regime throughout the 19th and 20th centuries.

At the local scale of analysis, we concluded that before the second pyrotransition, fire constituted a well-integrated element in the rural landscape and fire was often used as a land management tool. When the traditional system was dismantled in both massifs, fires were larger, area burned increased, and implications for land use were more uncertain. The causes of fire prior to the disarticulation of the traditional rural system had been mainly related to the use of fire in rural activities and, after that, they reflected broader socioeconomic development and the change of lifestyle in the two countries. At the local scale, in Manteigas, the rural exodus in 1960s (depopulation and rural abandonment) generated a structural imbalance of the landscape, along with rural fires due to human causes of fire. Therefore, in the following period, fire has functioned as a factor of degradation of the landscape. Also locally, in Jarama and Sorbe, forest management activities, one of the key elements that led to the balance of the SES, has been maintained, enabling fire to continue to function as a maintenance factor of the landscape. In the 21st century, use of fire has resulted in two structurally different landscapes. In Estrela massif, fire appears as an element disconnected from the territory resulting as a degradation factor. In Ayllón, despite the uncertainty in comparison, it seems to be a more balanced trajectory. However, both massifs show current structural

similar challenges: a seasonal population “off-beat” of the rural territorial context and a very fire-sensitive LULC.

Fire has been part of the culture, particularly the traditional rural system where fire was used as a land management tool in daily agricultural and forestry activities. In moments of instability in the rural system, for instance in the beginning of the national reforestation activities by the Forest Administrations in the 19th century in both massifs and the rural exodus in the 20th century, the frequency of large fires and the burned area increased. With the identification of the components that controlled the spatiotemporal patterns of fire over the past two centuries, we can evaluate the advantages of maintaining altered landscapes as in recent decades, according to the current paradigm, or to try to orient them to the balance of their SES according to historical knowledge.

The importance of historical relationships between society and nature was highlighted in this thesis through an integrated socio-ecological analysis method, with the current state as the initial point. Having interpreted the social dimension of the SES in terms of changes in the fire regime (pyrotransitions) over time, it was confirmed that the spatiotemporal scale is one of the most important factors when assessing landscape dynamics (Turner *et al.*, 1993). Landscapes are resilient to fires when there is a balance between all the SES components. To increase resilience to future fires will require establishing an adequate and balanced landscape structure, i.e., in the creation of the desired landscapes, by fully exploiting the available political instruments and including the fire regime as an integrated element in the landscape. Fostering landscape resilience requires more than mitigating the effects of the current fire regime, for resilience depends on socioeconomically viable landscapes through time, part of an effective SES, that can absorb future fires without reaching collapse.

In general, in the inner mountain areas of the Iberian Peninsula, the understanding of the past conditions, as well as the understanding of the dynamics that influenced those conditions, provides an understanding of the conformation of the current state of the system, and may even provide hints of what to expect in the future (Landres *et al.*, 1999). This thesis provides a considerable contribution to the understanding and integration of historical fire regimes and landscape dynamics in the current management of the

landscape towards its fire resilience. The collection of long-term historical data, together with the analysis of the different components over time allowed to obtain a clearer perspective of the changes that have taken place, and which are the components that have contributed the most. However, it would also be interesting to be able to enrich the results obtained with outcomes from different methodologies in the same territories, such as the dating of tree rings.

Moreover, the current massifs landscape are the product of historical use and management strategies. Despite the exhaustive study of historical SES carried in this thesis, "*firescapes include past, present, and projected future human–fire interactions*" (Smith *et al.*, 2016, p. 139)", and future work could be oriented towards the continuation of the initiated timeline and the modeling of the future scenarios of the fire regime in the two massifs, considering different possible trajectories in the key systems identified. In addition, this thesis has not closed the research line, but encourages a continuation of the application of the methodology developed to other cases in the Iberian Peninsula.

From the perspective of a SES, in some way all systems are vulnerable to the risk of fire occurrence. However, analysis at the local scale that includes alternative measures to reduce vulnerability and their results, could be adapted to some cases with similar characteristics (Kolden & Henson, 2019). The results obtained after the analysis of landscape dynamics in the past strengthen the importance of the local scale of analysis. The use of the local scale could be a limitation of this research according to some authors (e.g., Gaspar, 2001). However, the results obtained here reinforce the importance of this local scale in defining action policies at regional and national levels.

The predominant data used in this work is from geo-historical background and constitutes a limitation due to its nature. However, the methodology followed in this thesis as defined by the Complutense research group "Forest Geography, Policy and Socioeconomics" in 2011, has a rigorous scientific basis, approved by the scientific community (Montiel-Molina *et al.*, 2019). In addition, the validity of these data was verified when integrating different analysis for the long-term reconstruction of fire regimes (Camarero *et al.*, 2018, 2019). On the other hand, there has also been concern about expanding the human component apart from the population thematic variable, as

CONCLUSIONES

suggested by other authors (e.g., Coughlan, 2015). However, because it is an historical approach, there are limitations related to what has been recorded over time. Human population is, without a doubt, the most reliable variable, so that its use is considered valid and sufficient in this thesis.

Finally, the theory of resilience predicts that complex systems exhibit dynamic cross-scale interactions at a temporal and spatial levels (Redman & Kinzig, 2003). Although the nature of the data is not directly a limitation, the analysis on the historical annual time scales in the long-term historical periods was restricted. This thesis provides evidence and reinforces the importance of integrating the lessons learned in the history of current fire science. The findings on past fire regimes prove to be the starting point for understanding one of the biggest Iberian problems and the methodology used is potentially extrapolated to other areas.

8 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abel-Schaad, D., & López-Sáez, J. A. (2013). Vegetation changes in relation to fire history and human activities at the Peña Negra mire (Bejar Range, Iberian Central Mountain System, Spain) during the past 4,000 years. *Vegetation History and Archaeobotany*, 22(3), 199–214. <https://doi.org/10.1007/s00334-012-0368-9>.
- Abson, D., Sherren, K., & Fischer, J. (2014). The resilience of agricultural landscapes characterized by land sparing versus land sharing. In S. Gardner, S. Ramsden & R. Halls (Eds.) *Agriculture Resilience: Perspectives from Ecology and Economics*, Ecological Reviews (1–26). British Ecological Society: Cambridge University Press.
- Acácio, V., Holmgren, M., Rego, F., Moreira, F., Mohren, G. M. J. (2009). Are drought and wildfires turning Mediterranean cork oak forests into persistent shrublands? *Agrofor. Syst*, 76, 389–400. <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9165-y>.
- Acebrón, M. L. G. (2017). Tipificación de los incendios forestales en la provincia de Guadalajara (Castilla-La Mancha). *Foresta – Asociación y Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales* 67, 32-39.
- Adrião, J., & Guiomar, N. (2018). Contribuição para a história do fogo no Centro de Portugal 1966-1975. Retrieved August 24, 2019, from 1926 - 1975: 50 anos de Incêndios nas páginas d'A Comarca de Arganil website: <https://www.researchgate.net/project/Contribuicao-para-a-historia-do-fogo-no-Centro-de-Portugal/update/5be3058acfe4a76455006b67>.
- AEMET-IM (2011). Atlas climático ibérico/Iberian climate atlas, Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino: Madrid, Spain, 2011, ISBN 9788478370795.
- Afonso, M. J., Marques, J. E., Marques, J. M., Carreira, P., Carvalho, J. M., Silva, M. M., Samper, J., Pisani, B., Borges, F., Rocha, F., *et al.* (2005). Hydrogeology of hard-rocks in the Portuguese Iberian Massif: Porto urban area and Serra da Estrela mountain region (pp. 1–12). *The Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources*, Guimarães, Portugal, July 11-14.
- Agee, J. K. (1993). Methods of evaluating forest fire history. *Journal of Northeast Forestry University*, 4(2), 1–10. <https://doi.org/10.1007/BF02843067>.

- Agee, J. K. (1996). Fire regimes and approaches for determining fire history. In C. C. Hardy & S. F. Arno (Eds.), *Gen. Tech. Rep. INT-GTR-341* (pp. 12–13). Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station.
- Ager, A. A., Kline, J. D., & Fischer, A. P. (2015). Coupling the Biophysical and Social Dimensions of Wildfire Risk to Improve Wildfire Mitigation Planning. *Risk Analysis*, 35(8), 1393–1406. <https://doi.org/10.1111/risa.12373>.
- Agnoletti, M., & Santoro, A. (2015). Cultural values and sustainable forest management: the case of Europe. *Journal of Forest Research*, 20(5), 438–444. <https://doi.org/10.1007/s10310-015-0500-7>.
- Aguiar, C., & Pinto, B. (2007). Paleo-história e história antiga das florestas de Portugal continental até à Idade Média. *Jornal Público, Fundação Luso-Americana Para o Desenvolvimento, Liga Para a Protecção Da Natureza.*, 15–53.
- Alados, C. L., Y. Pueyo, O. B., J. Escós, L. G., & Robles, A. B. (2012). Variations in landscape patterns and vegetation cover between 1957 and 1994 in a semiarid Mediterranean ecosystem. *European Science Editing*, 38(2), 35–37. <https://doi.org/10.1023/B>.
- Alario, M., & Morales, E. (2012). Nuevos Pobladores, Nuevas Funciones, Nuevos Paisajes: Emprendedoras y Turismo Rural en Castilla y León. In E. A. Jiménez, R. B. Escudero, C. D. Viñas, C. F. Robles, L. G. P. de Azpillaga, A. G. Gómez, ... E. S. Pombo (Eds.), *Investigando en rural* (pp. 53–62).
- Aldunce, P., Beilin, R., Handmer, J., & Howden, M. (2014). Framing disaster resilience : The implications of the diverse conceptualisations of "bouncing back". 23(3), 252-270. *Disaster Prevention and Management* <https://doi.org/10.1108/DPM-07-2013-0130>.
- Aleman, J., Hennebelle, A., Vannière, B., Blarquez, O., & the Global Paleofire Working Group. (2018). Sparking New Opportunities for Charcoal-Based Fire History Reconstructions. *Fire*, 1(1), 7. <https://doi.org/10.3390/fire1010007>
- Alguacil García, P. (1985). Esquema metodológico para la valoración del cambio de usos del suelo (Sierra de Ayllón). *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 5, 143–165.
- Allende, F., López, N. (2014). Las Sierras del norte de Guadalajara: de los comunes de villa y tierra al paisaje de las repoblaciones forestales. In: F. Molinero Hernando (Coord.). *Atlas de los paisajes agrarios de España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, pp. 879-884.

- Almeida, A. C., Nunes, A., & Figueiredo, A. (2009). Mudanças no uso do solo no interior Centro e Norte de Portugal (pp. 100). Imprensa da Universidade de Coimbra. <https://doi.org/10.14195/978-989-26-0366-7>
- Alves, A. L., Siqueira de Carvalho, N., Silveira, S. C., Marques, J. P., & Costa, Z. (2003). O abandono da actividade agrícola. Relatório Grupo de trabalho Agro-ambiental criado, junto do Secretário de Estado do Desenvolvimento Rural através do Despacho Conjunto n.º 700/2000 do então Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas e do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, e coordenado pelo Auditor do Ambiente do então MADRP. Lisboa, Portugal.
- Alves, C., Nunes, A. N., & Silva, J. (2016). Innovation towards more resilient territories: a case study from the Serra da Estrela, Portugal. In T. de Noronha & H. Pinto (Eds.), *Innovation for Resilience* (pp. 97–124). Faro: FCT, CIEO, e Universidade do Algarve.
- Amaral, I. do, Ribeiro, O., Salgueiro, T. B., Domingues, A., Alves, T., Gaspar, J., ... Santos, J. M. L. (2001). *Revista Finisterra*, nº 72 (Vol. 36, pp. 239). Lisboa, Portugal: Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa.
- Amaral, L. (1994) Portugal e o passado: Política agrária, grupos de pressão e evolução da agricultura portuguesa durante o Estado Novo (1950-1973). *Análise Soc.*, XXIX (128), 889–906.
- Andrada e Silva, J. B. (1815). *Memoria sobre a necessidade e utilidades do plantio de novos bosques em Portugal, particularmente de pinhaes nos areaes de beiramar: Seu methodo de sementeira, costeamto, e administração*. Lisboa: Typografia da Academia Real das Sciencias (pp. 206). ISBN: 0332659089.
- Antrop, M. (2005). Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning*, 70(1–2), 21–34. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.002>.
- Aparicio, A., & García Cacho, L. (1987). *Geología del Sistema Central Español. Comunidad de Madrid*. Madrid: Consejería de Política Territorial - Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Aragón Ruano, Á. (2011). La historiografía forestal sobre época moderna en el panorama internacional, español y vasco: una revisión bibliográfica. *Vasconia: Cuadernos de Historia - Geografía*, (37), 117–140.
- Araque Jiménez, E., Vélez Muñoz, R., Gómez Mendoza, J., Valdes, C. M., Fernández Muñoz, S., Guitián Rivera, L., ... Pyne, S. J. (1999). *Incendios históricos. Una*

- aproximación multi-disciplinar (E. Araque Jiménez, Ed.). Baeza: Universidad Internacional de Andalucía. ISBN: 8492228539.
- Araque Jiménez, E., Sánchez Martínez, J. D., Moya García, E., Pulido Mérida, R., & Garrido Almonacid, A. (2000). Jaén en llamas. Presencia histórica de los incendios forestales en los montes provinciales. Jaén: Instituto de Estudios Giennenses. ISBN: 8487115691.
- Badia, A., Pèlachs, A., Vera, A., Tulla, A. F., & Soriano, J. M. (2014). Cambios en los usos y cubiertas del suelo y vulnerabilidad en las comarcas de montaña de Cataluña. Del rol del fuego como herramienta de gestión a los incendios como amenaza. Pirineos. *Revista de Ecología de Montaña*, 169, e001. <https://doi.org/10.3989/Pirineos.2014.169001>.
- Baeza, M. J., Valdecantos, A., Alloza, J. A., Vallejo, V. R. (2009). Human disturbance and environmental factors as drivers of long-term post-fire regeneration patterns in Mediterranean forests. *J. Veg. Sci.*, 18, 243–252. [10.1111/j.1654-1103.2007.tb02535.x](https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2007.tb02535.x).
- Bajocco, S., & Ricotta, C. (2008). Evidence of selective burning in Sardinia (Italy): which land-cover classes do wildfires prefer? *Landscape Ecology*, 23(2), 241–248. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9176-5>.
- Baker, W. L., & Dugan, A. J. (2013). Fire-history implications of fire scarring. *Canadian Journal of Forest Research*, 43(10), 951–962. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2013-0176>.
- Bal, M.-C., Pelachs, A., Perez-Obiol, R., Julia, R., & Cunill, R. (2011). Fire history and human activities during the last 3300cal yr BP in Spain's Central Pyrenees: The case of the Estany de Burg. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 300(1–4), 179–190. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.12.023>.
- Balster, H. (2000). Markov chain models for vegetation dynamics. *Ecological Modelling*, 126(2–3), 139–154. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00262-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00262-3).
- Baptista, F. O. (2010). *O Espaço Rural - Declínio da Agricultura* (pp. 213). Lisboa: Celta. ISBN 978-972-774-269-1.
- Barjona de Freitas, A. S. (1989). *Perímetro Florestal De Manteigas* (Direcção Geral Das Florestas, Ed.). Lisboa, Portugal: Seleprinter.
- Barrett, S. W., & Arno, S. F. (1988). Increment-borer methods for determining fire history in coniferous forests. In *General Technical Report - US Department of Agriculture, Forest Service*. Ogden, UT.

- Barros, A. M. G., & Pereira, J. M. C. (2014). Wildfire selectivity for land cover type: Does size matter? *PLoS ONE*, 9(1), e84760. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084760>.
- Barros, A. M. G., Pereira, J. M. C., & Lund, U. J. (2012). Identifying geographical patterns of wildfire orientation: A watershed-based analysis. *Forest Ecology and Management*, 264, 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.09.027>.
- Beaty, R. M., & Taylor, A. H. (2001). Spatial and temporal variation of fire regimes in a mixed conifer forest landscape, Southern Cascades, California, USA. *Journal of Biogeography*, 28(8), 955–966. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00591.x>.
- Bebi, P., Seidl, R., Motta, R., Fuhr, M., Firm, D., Krumm, F., ... Kulakowski, D. (2016). Forest Ecology and Management Changes of forest cover and disturbance regimes in the mountain forests of the Alps. *Forest Ecology and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.028>.
- Beilin, R., & Reid, K. (2015). It's not a 'thing' but a 'place': reconceptualising 'assets' in the context of fire risk landscapes. *International Journal of Wildland Fire*, 24(1), 130–137. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1071/WF14035>.
- Beilin, R., & West, S. (2016). Performing natures: Adaptive management practice in the “eternally unfolding present.” In L. Head, K. Saltzman, G. Setten, & M. Stenseke (Eds.), *Nature, Temporality and Environmental Management: Scandinavian and Australian perspectives on peoples and landscapes* (p. 228). New York: Routledge. ISBN: 9781317089568.
- Benali, A., Mota, B., Carvalhais, N., Oom, D., Miller, L. M., Campagnolo, M. L., & Pereira, J. M. C. (2017). Bimodal fire regimes unveil a global-scale anthropogenic fingerprint. *Global Ecology and Biogeography*, 26(7), 799–811. <https://doi.org/10.1111/geb.12586>.
- Binder, C. R., Hinkel, J., Bots, P. W. G., & Pahl-Wostl, C. (2013). Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems. *Ecology and Society*, 18(4). <https://doi.org/10.5751/ES-05551-180426>.
- Black, A. E., Opperman, T. (2005). *Fire Effects Planning Framework: User's guide*. General Technical Report GTR-RMRS-163WWW. USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp. 63.
- Blanco, D. R. (1993) Ganados y Señores en la Extremadura Medieval. In: S.R. Becerra (Ed.). *Simposio Trashumancia y Cultura Pastoril en Extremadura*. Asamblea de Extremadura, Mérida, pp. 376. ISBN: 84-87622-22-4.
- Blanco-González, A., López-Sáez, J. A., Alba, F., Abel, D., & Pérez, S. (2015). Medieval landscapes in the Spanish Central System (450-1350): A palaeoenvironmental and

- historical perspective. *Journal of Medieval Iberian Studies*, 7(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/17546559.2014.925135>.
- Blazquez Díaz, A. (1987). Estudio geomorfológico del valle de Majaerayo (Sierra de Ayllón, Guadalajara). *Eria Revista de Geografía*, 43–60.
- Bodi, M. B., Cerda, A., Mataix-Solera, J., & Doerr, S. H. (2012). A review of fire effects on vegetation and soil in the Mediterranean Basin. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 58, 439–441.
- Bordiú Barreda, E. (1985). Valoración de la infrautilización de la Sierra de Ayllón y aportación de un modelo alternativo. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, (5), 167–187.
- Boucher, Y., Auger, I., Noël, J., Grondin, P., & Arseneault, D. (2017). Fire is a stronger driver of forest composition than logging in the boreal forest of eastern Canada. *Journal of Vegetation Science*, 28(1), 57–68. <https://doi.org/10.1111/jvs.12466>.
- Bowman, D. M. J. S., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M. A., ... Pyne, S. J. (2009). Fire in the Earth System. *Science*, 324, 481–484. <https://doi.org/10.1126/science.1163886>.
- Bowman, D. M. J. S., Balch, J., Artaxo, P., Bond, W. J., Cochrane, M. A., D' Antonio, C. M., ... Swetnam, T. W. (2011). The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of Biogeography*, 38(12), 2223–2236. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02595.x>.
- Bowman, D. M. J. S. (2015). What is the relevance of pyrogeography to the anthropocene? *Anthropocene Review*, 2 (1), 73-76. <https://doi.org/10.1177/2053019614547742>.
- Bright, A. D., Newman, P., & Carroll, J. (2007). Context, beliefs, and attitudes toward wildland fire management: An examination of residents of the wildland-urban interface. *Human Ecology Review*, 14(2), 212–222. JSTOR, www.jstor.org/stable/24707707.
- Briones-Herrera, C. I., Vega-Nieva, D. J., Monjarás-Vega, N. A., Flores-Medina, F., Lopez-Serrano, P. M., Corral-Rivas, J. J., ... Jolly, W. M. (2019). Modelling and mapping forest fire occurrence from aboveground carbon density in Mexico. *Forests*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/f10050402>.
- Brotans, L., Aquilué, N., de Cáceres, M., Fortin, M.-J., & Fall, A. (2013). How Fire History, Fire Suppression Practices and Climate Change Affect Wildfire Regimes in Mediterranean Landscapes. *PLoS ONE*, 8(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062392>.

- Brown, P. M., Kaufmann, M. R., & Shepperd, W. D. (1999). Long-term landscape patterns of past fire events in a montane Ponderosa pine forest of Central Colorado. *Landscape Ecology*, 14, 513–532. <https://doi.org/10.1023/A:1008137005355>.
- Brum Ferreira, A., Alcoforado, M. J., Vieira, G. T., Mora, C., & Jansen, J. (2001). Metodologias de análise e de classificação das paisagens. O exemplo do projecto Estrela. *Finisterra*, XXXVI, 72, pp. 157-178. <https://doi.org/10.18055/Finis1632>.
- Bunting, S. C., Rego, F. C. (1988). Human impact on Portugal's vegetation. *Rangelands*, 10, 251–255.
- Bürgi, M., Hersperger, A. M., & Schneeberger, N. (2005). Driving forces of landscape change - current and new directions. *Landscape Ecology*, 19(8), 857–868. <https://doi.org/10.1007/s10980-005-0245-3>.
- Bürgi, M., & Gimmi, U. (2007). Three objectives of historical ecology: the case of litter collecting in Central European forests. *Landscape Ecology*, 22(S1), 77–87. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9128-0>.
- Burjachs, F., & Expósito, I. (2015). Charcoal and pollen analysis: Examples of Holocene fire dynamics in Mediterranean Iberian Peninsula. *Catena*, 135, 340–349. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.10.006>.
- Butsic, V., Kelly, M., & Moritz, M. (2015). Land Use and Wildfire: A review of local interactions and teleconnections. *Land*, 4(1), 140–156. <https://doi.org/10.3390/land4010140>.
- Cabana Iglesia, A. (2007). Los incendios en el monte comunal gallego. Lugo durante el primer franquismo. *Historia Agraria*, 43, 555–557.
- Cabana Iglesia, A. (2009). A cultura de fuego en los montes gallegos. Aproximación a una relación histórica. *Recursos Rurais. Revista oficial do IBADER*, 5, 101–106.
- Cabral, M. V. Agrarian structures and recent rural movements in Portugal. *J. Peasant Stud.* 1978, 5, 411–445.
- Caetano, M., Carrão, H., & Painho, M. (2005). Alterações da ocupação do solo em Portugal Continental: 1985-2000. Lisboa: Instituto do Ambiente.
- Caetano, M., Marcelino, F. (2017), CORINE Land Cover de Portugal Continental 1990-2000-2006-2012 (pp. 27). DGTerritório: Relatório Técnico.
- Camarero, J. J., Sangüesa-Barreda, G., Montiel-Molina, C., Seijo, F., & López-Sáez, J. A. (2018). Past growth suppressions as proxies of fire incidence in relict Mediterranean black pine forests. *Forest Ecology and Management*, 413, 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.01.046>.

- Camarero, J. J., Sanguesa-Barreda, G., Pérez-Díaz, S., Montiel-Molina, C., Seijo, F., & López-Sáez, J. A. (2019). Abrupt regime shifts in post-fire resilience of Mediterranean mountain pinewoods are fueled by land use. *International Journal of Wildland Fire*. <https://doi.org/10.1071/WF18160>.
- Canadas, M. J., Novais, A., & Marques, M. (2016). Wildfires, forest management and landowners' collective action: A comparative approach at the local level. *Land Use Policy*, 56, 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.035>.
- Canals, R. M. (2019). Landscape in motion: revisiting the role of key disturbances for the preservation of mountain ecosystems. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 45 (2), 515–535. <https://doi.org/10.18172/cig.3634>.
- Capel Molina, J. J. (2000). *El clima de la Península Ibérica (Colección)* (pp. 281). Barcelona: Ariel.
- Carmo, M., Moreira, F., Casimiro, P., & Vaz, P. (2011). Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal. *Landscape and Urban Planning*, 100(1–2), 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.11.017>.
- Carmo, M., & Rodrigues, C. (2016). A natureza enquanto política: Pensar a agricultura e a natureza na transformação rural do século XX Português. *Cem/Cultura, Espaço & Memória*, 7, 87–111.
- Carracedo Martín, V. (2015) *Incendios forestales y gestión del fuego en Cantabria (Tesis doctoral)*. Universidad de Cantabria. Santander.
- Carracedo Martín, V., Cunill Artigas, R., García Codron, J. C., Soriano López, J. M., Pèlach Mañosa, A., & Pérez Obiol, R. (2017). Fuentes para la geografía histórica de los incendios forestales. Algunas consideraciones metodológicas. *Cuadernos Geográficos*, 56(3), 66–89.
- Carvalho, P. (2009). *Património Construído e Desenvolvimento em Areas de Montanha. O Exemplo da Serra da Lousã*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25890.12487>.
- Cary, G., Bradstock, R., Gill, A., & Williams, R. (2012). Global change and fire regimes in Australia. *Flammable Australia: Fire Regimes, Biodiversity and Ecosystems in a Changing World*, 149–169. Retrieved from https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=PCNsEdwRfSsC&oi=fnd&pg=PA149&dq=Global+change+and+fire+regimes+in+Australia&ots=p54__vHQqm&sig=eFE95ZVomJqt9VWfhTIjVjfFALw.
- Castel, C. (1873). Noticias físico-naturales de la sección NO de la Provincia de Guadalajara. *Revista Forestal*, VII, 216–225, 254–257.

- Castellnou, M., & Nebot, E. (2007). El papel del fuego en la gestión del paisaje. International Wildfire Fire Conference de Sevilla - Thematic Session No1.
- Castellnou, M., Pagés, J., Miralles, M., & Pique, M. (2009a). Tipificación de los incendios forestales de Cataluña. Elaboración del mapa de incendios de diseño como herramienta para la gestión forestal. 5º Congreso Forestal Español, Ávila, 21-25 septiembre, 1-16.
- Castellnou, M., Miralles, M., & Molina, D. (2009b). Patrones de propagación de incendios forestales y su uso para la planificación. In R. Vélez Muñoz (Ed.), *Incendios Forestales: Fundamentos y Aplicaciones* (pp. 274-282). McGraw-Hill.
- Castellnou, M., Larrañaga, A., Miralles, M., Vilalta, O., & Molina, D. (2010). Wildfire scenarios: Learning from experience. In J. S. Silva, F. Rego, P. Fernandes, & E. Rigolot (Eds.), *Towards Integrated Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox* (pp.228). Finland: European Forest Institute.
- Castro, M., Castro, J., Sal, G., Quinta, B., Apolónia, D.S. Efeito da pastorícia tradicional na redução de combustíveis finos em bosques de *Quercus pyrenaica*. *Silva Lusit.* 2009, 17, 159-169.
- Catry, Filipe Xavier, Rego, F. C., Bugalho, M. N., Lopes, T., Silva, J. S., & Moreira, F. (2006). Effects of fire on tree survival and regeneration in a Mediterranean ecosystem. V International Conference on Forest Fire Research, 234, (pp. 5). <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.08.316>.
- Catry, Filipe X., Rego, F., Bação, F., & Moreira, F. (2009). Modeling and mapping wildfire ignition risk in Portugal. *International Journal of Wildland Fire*, 18, 921-931. <https://doi.org/10.1071/WF07123>.
- Chuvieco, E. (2009). Detección y análisis de incendios forestales desde satélites de teledetección. *Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fís. Nat.*, 103(1), 173-181.
- Cianciaruso, M. V., Silva, I. A., Batalha, M. A., Gaston, K. J., & Petchey, O. L. (2012). The influence of fire on phylogenetic and functional structure of woody savannas: Moving from species to individuals. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 14(3), 205-216. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2011.11.004>.
- Cissel, J. H., Swanson, F. J., Weisberg, P. J. (1999). Landscape management using historical fire regimes: Blue River, Oregon. *Ecological Applications* 9 (4), 1217-1231. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1999\)009\[1217:LMUHFR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1999)009[1217:LMUHFR]2.0.CO;2).
- Collins, R. D., de Neufville, R., Claro, J., Oliveira, T., & Pacheco, A. P. (2013). Forest fire management to avoid unintended consequences: A case study of Portugal using system dynamics. *Journal of Environmental Management*, 130, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.033>.

- Comíns, J.S., Moreno, D.R. (2011). Atlas de los paisajes de la provincia de Guadalajara. Servicio de publicaciones Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.
- Comissão Técnica Independente (2017). Análise e apuramento dos factos relativos aos incêndios que ocorreram em Pedrogão Grande, Castanheira de Pera, Ansião, Alvaiázere, Figueiró dos Vinhos, Arganil, Góis, Penela, Pampilhosa da Serra, Oleiros e Sertã, entre 17 e 24 de junho de 2017. Lisboa: Assembleia da República.
- Conedera, M., Tinner, W., Nelf, C., Meurer, M., Dickens, A. F., & Krebs, P. (2009). Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation. *Quaternary Science Reviews*, (28), 555–576. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.11.005>.
- Conedera, M., Krebs, P., Valse, E., Cocca, G., Schunk, C., Menzel, A., ... Pezzatti, G. B. (2018). Characterizing Alpine pyrogeography from fire statistics. *Applied Geography*, 98, 87–99. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.07.011>.
- Connor, S. E., Araújo, J., van der Knaap, W. O., & van Leeuwen, J. F. N. (2012). A long-term perspective on biomass burning in the Serra da Estrela, Portugal. *Quaternary Science Reviews*, 124(55), 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.08.007>.
- Connor, S. E., Vannière, B., Colombaroli, D., Anderson, R. S., Carrión, J. S., Ejarque, A., ... Woodbridge, J. (2019). Humans take control of fire-driven diversity changes in Mediterranean Iberia's vegetation during the mid-late Holocene. *Holocene*, 29(5), 886–901. <https://doi.org/10.1177/0959683619826652>.
- Contreras, T., Figueroa, J., Abarca, L., & Castro, S. (2011). Fire regimen and spread of plants naturalized in central Chile. *Revista Chilena De Historia Natural*, 84, 307–323. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000300001>.
- Costa, J. (2012). Dinámicas recientes en el mundo rural. Su plasmación en la gran pantalla. In E. A. Jiménez, R. B. Escudero, C. D. Viñas, C. F. Robles, L. G. P. de Azpillaga, A. G. Gómez, ... E. S. Pombo (Eds.), *Investigando en rural* (pp. 89–98).
- Costa, P., Castellnou, M., Larrañaga, A., Miralles, M., & Kraus, D. (2011). Prevention of Large Wildfires using the fire types concept (J. Vendrell, E. Nebot, M. Borràs, & H. Ballart, Eds.). Bar: UT GRAF-Generalitat de Catalunya.
- Costafreda-Aumedes, S., Comas, C., & Vega-Garcia, C. (2016). Spatio-temporal configurations of human-caused fires in Spain through point patterns. *Forests*, 7(9), 1–15. <https://doi.org/10.3390/f7090185>.
- Cotilla, M. O., Córdoba, D., & Herraiz, M. (2007). A morphotectonic study of the Central System, Iberian Peninsula. *Russian Geology and Geophysics*, 48(4), 378–387. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2007.03.005>.

- Coughlan, M. R., Petty, A. M. (2012). Linking humans and fire: A proposal for a transdisciplinary fire ecology. *International Journal of Wildland Fire* 21(5), 477-487. <https://doi.org/10.1071/WF11048>.
- Coughlan, M. R., Petty, A.M. (2013). Fire as a dimension of historical ecology: A response to Bowman *et al.* (2011). *Journal of Biogeography* 40 (5), 1010-1012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2012.02767.x>.
- Coughlan, M. R. (2015). Traditional fire-use, landscape transition, and the legacies of social theory past. *Ambio*, 44(8), 705–717. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0643-y>.
- Council of Europe. European Landscape Convention (Florence 2000). <https://www.coe.int/en/web/landscape/the-european-landscape-convention>.
- Crisp, M. D., Isagi, Y., Kato, Y., Cook, L. G., & Bowman, D. M. J. S. (2010). Livistona palms in Australia: Ancient relics or opportunistic immigrants? *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54(2), 512–523. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.09.020>.
- Cunha, L. (2003). A montanha do centro português: espaço de refúgio, território marginal e recurso para o desenvolvimento local. In L. Caetano (Ed.), *Territórios, Ambiente e Trajectórias de Desenvolvimento* (pp. 175–191). Coimbra: Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Coimbra.
- Cunill, R., Soriano, J. M., Bal, M. C., Pèlachs, A., & Pérez-Obiol, R. (2012). Holocene treeline changes on the south slope of the Pyrenees: A pedoanthracological analysis. *Vegetation History and Archaeobotany*, 21(4–5), 373–384. <https://doi.org/10.1007/s00334-011-0342-y>.
- Cunill, R., Soriano, J. M., Bal, M. C., Pèlachs, A., Rodriguez, J. M., & Pérez-Obiol, R. (2013). Holocene high-altitude vegetation dynamics in the Pyrenees: A pedoanthracology contribution to an interdisciplinary approach. *Quaternary International*, 289, 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.04.041>.
- Daniau, A.-L., Harrison, S. P., & Bartlein, P. J. (2010). Fire regimes during the Last Glacial. *Quaternary Science Reviews*, 29(21–22), 2918–2930. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.11.008>.
- Dantín Cereceda, J. (1922). *Ensayo acerca de las regiones naturales de España*. Tomo 1º (J. Cosano, Ed.). Madrid: Museo Pedagógico Nacional.
- Darques, R. (2016). Wildfires at a pan-mediterranean scale: Human-environment dynamics through MODIS data. *Human Ecology*, 44(1), 47–63. <https://doi.org/10.1007/s10745-015-9802-9>.

- de Beaulieu, J. -L, Andrieu, V., Ponel, P., Reille, M., & Lowe, J. J. (1994). The Weichselian Late-glacial in southwestern Europe (Iberian Peninsula, Pyrenees, Massif Central, northern Apennines). *Journal of Quaternary Science*, 9(2), 101–107. <https://doi.org/10.1002/jqs.3390090203>.
- de Vicente, G. (2007). La extraña topografía de la Península Ibérica, El relieve de la Península Ibérica, Baleares y Canarias. *Enseñanzas de las Ciencias de La Tierra*, 15(2), 124–134.
- Dearing, J. A., Braimoh, A. K., Reenberg, A., Turner, B. L., & van der Leeuw, S. (2010). Complex land systems: The need for long time perspectives to assess their future. *Ecology and Society*, 15(4), 21. <https://doi.org/10.5751/ES-03645-150421>.
- Delgado Viñas, C. (2015). Agrarian dynamics and landscape in rural mountain areas of Spain. *Journal of Settlements and Spatial Planning* 4, 145-154.
- Devy-Vareta, N. (1993). A floresta no espaço e no tempo em Portugal. A arborização da Serra da Cabreira (1919-1975). PhD Thesis, Universidade de Porto, Portugal.
- Devy-Vareta, N. (2003). O Regime Florestal em Portugal através do século XX (1903-2003). *Revista Da Faculdade de Letras - Geografia*, XIX, 447–455.
- Diário da República n.º 29/2019, Série I de 2019-02-11. Ambiente e Transição Energética e Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural. Aprova o Programa Regional de Ordenamento Florestal do Centro Interior (PROF CI). <https://data.dre.pt/eli/port/55/2019/02/11/p/dre/pt/html>.
- Diário da República n.º 190/1993, Série I-B de 1993-08-14. Presidência do Conselho de Ministros. Ratifica o Plano Director Municipal de Manteigas (4348–4351). <https://data.dre.pt/eli/resolconsmin/54/1993/08/14/p/dre/pt/html>.
- Diário da República n.º 227/2015, Série II de 2015-11-19. Município de Manteigas. 1.ª Revisão do Plano Diretor Municipal (33700-33713). <https://dre.pt/application/conteudo/71049474>.
- Díaz-Delgado, R., Lloret, F., & Pons, X. (2004). Statistical analysis of fire frequency models for Catalonia (NE Spain, 1975-1998) based on fire scar maps from Landsat MSS data. *International Journal of Wildland Fire*, 13(1), 89–99. <https://doi.org/10.1071/WF02051>.
- Dieterich, J. H., & Swetnam, T. W. (1984). Dendrochronology of a fire-scarred ponderosa pine. *Forest Science*, 30(1), 238–247. <https://doi.org/10.1093/forestscience/30.1.238>.

- Diogo, V., Koomen, E. Explaining land-use change in Portugal 1990-2000. In Proceedings of the 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science, Guimarães, Portugal, 11–14 May 2010, pp. 11.
- Direcção de Unidade de Defesa da Floresta. (2018). Plano Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios (PMDFCI) - Manteigas, 2019-2028.
- Direcção Nacional de Gestão Florestal. Inventário Florestal Nacional Portugal Continental-IFN5 2005 2006, Autoridade Florestal Nacional, Ed., Autoridade Florestal Nacional: Lisboa, Portugal, 2010, ISBN 9789728097769.
- Dirección General de Política Forestal y Espacios Naturales, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (2017). Plan de Gestión de Sierra de Ayllón, ES0000164/ES0000488 (Guadalajara)-Diagnóstico del espacio Natura 2000, Dirección General de Política Forestal y Espacios Naturales: Guadalajara, España.
- Domínguez-Ríos, V. A., & López-Santillán, M. A. (2016). Teoría General de Sistemas, un enfoque práctico. *Economía y Administración. Tecnociencia Chihuahua*, 10(3), 125–132.
- Dorrego, X., & Álvarez, G. (2009). Teledetección y SIG en la gestión de los incendios forestales en Galicia. In S. Montesinos & L. F. Fornos (Eds.), *Teledetección: Agua y desarrollo sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección* (pp. 297–300). Calatayud.
- Duane, A., Piqué, M., Castellnou, M., Duane, A. (2015). Predictive modelling of fire occurrences from different fire spread patterns in Mediterranean landscapes. *International Journal of Wildland Fire* 24 (3), 407-418. <https://doi.org/10.1071/WF14040>.
- Duane, A., Kelly, L., Giljohann, K., Batllori, E., McCarthy, M., & Brotons, L. (2019). Disentangling the influence of past fires on subsequent fires in Mediterranean Landscapes. *Ecosystems*, 22(6), 1338–1351. <https://doi.org/10.1007/s10021-019-00340-6>.
- Dupouey, J. L., Dambrine, E., Laffite, J. D., & Moares, C. (2002). Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. *Ecology*, 83(11), 2978–2984. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[2978:IIOPLU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2978:IIOPLU]2.0.CO;2).
- Edwards, D. (1984). Fire Regimes in the Biomes of South Africa. In P. V. de Booyesen & N. M. Tainton (Eds.), *Ecological Effects of Fire in South African Ecosystems* (48, pp. 19–37).
- Engerman, S. L., das Neves, J. C. (1997). The bricks of an empire 1415-1999: 585 years of Portuguese emigration. *Journal of European Economic History*, 26(3), 471–510.

- Entrenas, L. (2015). Evolución de los regímenes del fuego y dinámica del paisaje forestal en la sierra de Madrid (PhD Thesis). Universidad Complutense de Madrid.
- European Commission (2004). Mountain Areas in Europe: Analysis of mountain areas in EU member states, acceding and other European countries. In Mountain Areas in Europe – Final Report. Retrieved from http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/montagne/mount9.pdf http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/montagne/mount1.pdf.
- European Commission (2012). Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2011 - JRC technical report.
- European Commission (2017). Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2016 - Scientific and Technical Research Series - JRC Technical Reports. <https://doi.org/10.2760/17690>.
- European Environment Agency (E. E. A.) (2006). European forest types – Categories and types for sustainable forest management reporting and policy, EEA Technical report No 9/2006 (pp.114). Copenhagen: European Environment Agency.
- European Environment Agency (E. E. A.) (2016). European forest ecosystems – State and trends, EEA Technical report No 5/2016 (pp.125). Copenhagen: European Environment Agency.
- Exposición Universal de Barcelona (1888). Apuntes acerca de rectificación del catálogo de los montes públicos de la Península Española e Islas adyacentes: su origen, su marcha, su estado. Madrid: Imprenta de Moreno y Rojas.
- Falk, D. A., Heyerdahl, E. K., Brown, P. M., Farris, C., Fulé, P. Z., McKenzie, D., ... Van Horne, M. L. (2011). Multi-scale controls of historical forest-fire regimes: New insights from fire-scar networks. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(8), 446–454. <https://doi.org/10.1890/100052>.
- FAO. FAO Climate database, 1961-2015.
- FAO, & Plan Bleu. (2013). State of Mediterranean Forests 2013. E-ISBN 978-92-5-107538-8.
- Farina, A. (2006). Principles and Methods in Landscape Ecology: Towards a Science of Landscape. In H. Décamps, B. Tress & G. Tress (Eds.), *Landscape Series (Vol. 3)*. Springer: The Netherlands. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2007.01854.x>.
- Farris, C. A., Baisan, C. H., Falk, D. A., Yool, S. R., & Swetnam, T. W. (2010). Spatial and temporal corroboration of a fire-scar-based fire history in a frequently burned

- ponderosa pine forest. *Ecological Applications*, 20(6), 1598–1614. <https://doi.org/10.1890/09-1535.1>.
- Feranec, J., Jaffrain, G., Soukup, T., Hazeu, G. (2010) Determining changes and flows in European landscapes 1990–2000 using CORINE land cover data. *Appl. Geogr.*, 30, 19–35. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.07.003>.
- Feranec, J., Soukup, T., Hazeu, G., Jaffrain, G. (2016) *European Landscape Dynamics-Corine Land Cover Data*, CRC Press-Taylor&Francis Group: Boca Rton, FL, USA, ISBN 9781482244663.
- Fernandes, G. P. (2004). *Territórios e Culturas Ibéricas* (17 pp.). Centro de Estudos Ibéricos. Guarda: Conferência 2-3 de Dezembro.
- Fernandes, G. P. (2010a). A coesão territorial e os espaços de montanha – encontros e desencontros de ordenamento e valorização da Cordilheira Central. XII Colóquio Ibérico de Geografia. 6-9 Outubro. Retrieved from <http://web.lettras.up.pt/xiicig/comunicacoes/236.pdf>.
- Fernandes, G. P. (2010b). Aplicação da metodologia Delphi na definição de estratégias de gestão territorial. 16º Congresso da APDR, 8-10 Julho, 1826–1849. Funchal: Universidade da Madeira.
- Fernandes, G. P., & Abrantes, P. (2011). Transformações e rupturas na ocupação e uso do solo nas serras da Cordilheira Central. In N. Santos & L. Cunha (Eds.), *Trunfos de uma geografia activa. Desenvolvimento local, ambiente, ordenamento e tecnologia* (pp. 195–202). Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Fernandes, G. P., & Rodrigues, E. C. (2011). Dinâmicas de Desenvolvimento Turístico em Territórios de Montanha. Políticas de Gestão e fluxos para as Serras da Cordilheira Central. *Turismo: Diversificação, Diferenciação e Desafios*. II Congresso Internacional de Turismo, 370–383.
- Fernandes, G. P. (2016). Os espaços de montanha em Portugal: reflexões e contributos para uma política de especificidade territorial e gestão sustentável. In R. García Marín, F. Alonso Sarría, F. Belmonte Serrato, & D. Moreno Muñoz (Eds.), *XV Coloquio Ibérico de Geografía. Retos y tendencias de la Geografía Ibérica* (pp. 732–740). Murcia: Universidad de Murcia-AGE-APG.
- Fernandes, P. M., & Botelho, H. S. (2003). A review of prescribed burning effectiveness in fire hazard reduction. *International Journal of Wildland Fire*, 12(2), 117. <https://doi.org/10.1071/wf02042>.
- Fernandes, P. M., Luz, A., Loureiro, C., Ferreira-Godinho, P., Botelho, H. (2006) Fuel modelling and fire hazard assessment based on data from the Portuguese National Forest Inventory. *For. Ecol. Manag.*, 234, S229.

- Fernandes, P. M. (2013). Fire-smart management of forest landscapes in the Mediterranean basin under global change. *Landscape and Urban Planning*, 110, 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.014>.
- Fernandes, P. M., Loureiro, C., Guiomar, N., Pezzatti, G. B., Manso, F. T., & Lopes, L. (2014). The dynamics and drivers of fuel and fire in the Portuguese public forest. *Journal of Environmental Management*, 146, 373–382. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.049>.
- Fernandes, P. M., Guiomar, N., Mateus, P., & Oliveira, T. (2017). On the reactive nature of forest fire-related legislation in Portugal: A comment on Mourão and Martinho (2016). *Land Use Policy*, 60, 12–15. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.008>.
- Fernández D., & Corbelle, E. (2017). Cambios en los usos de suelo en la Península Ibérica: un metaanálisis para el período 1985-2015. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 21(1), 215.
- Fernández-Muñoz, S., Mata Olmo, R. (2000) Pasado y presente de las repoblaciones forestales en montes de sociedades de vecinos. *Estud. Geográficos*, LXI, 461–486.
- Fernández-Muñoz, S. (2002). Consecuencias socioeconómicas y territoriales de las repoblaciones forestales en el Alto Sorbe (Guadalajara). *Eria*, 58, 183–203.
- Ferreira, D. J. S. (2014). O Património Cultural na Avaliação de Impacte Ambiental em Portugal. Faculdade de Letras da Universidade do Porto (pp. 12).
- Ferreira-Leite, F., Bento Gonçalves, A., & Vieira, A. (2011). The recurrence interval of forest fires in Cabeço da Vaca (Cabreira Mountain-northwest of Portugal). *Environmental Research*, 111(2), 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.05.007>.
- Ferreira-Leite, F., Bento Gonçalves, A., & Lourenço, L. (2012). Grandes incêndios florestais em Portugal Continental. Da história recente à atualidade. *Cadernos de Geografia*, 30/21, 81–86.
- Ferreira-Leite, F., Bento Gonçalves, A., Lourenço, L., Úbeda, X., & Vieira, A. (2013). Grandes Incêndios Florestais em Portugal Continental como resultado das perturbações nos regimes de fogo no mundo Mediterrâneo. *Silva Lusitana*, 21, 129–144.
- Ferreira-Leite, F., Gonçalves, A. J. B., & Lourenço, L. (2014). Grandes incêndios florestais na década de 60 do século XX, em Portugal Continental. *Territorium*, 21, 189–195.
- Fidalgo, C. (1987). *La Transformación Humana del Paisaje en la Serranía de Atienza*. Madrid: Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.

- Figueiredo, E. (2004). A Periferia das Periferias – Áreas protegidas em espaços rurais. In T. Dentinho & O. Rodrigues (Eds.), *Periferias e Espaços Rurais. II Congresso de Estudos Rurais* (pp. 151–172). Estoril: Principia.
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., & Holling, C. S. (2004). Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35(2004), 557–581. <https://doi.org/10.2307/annurev.ecolsys.35.021103.30000021>.
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>.
- Forkel, M., Andela, N., P Harrison, S., Lasslop, G., Van Marle, M., Chuvieco, E., ... Arneeth, A. (2019). Emergent relationships with respect to burned area in global satellite observations and fire-enabled vegetation models. *Biogeosciences*, 16(1), 57–76. <https://doi.org/10.5194/bg-16-57-2019>.
- Foster, D. R. (2009). Land-Use History (1730-1990) and Vegetation Dynamics in Central New England, USA. *British Ecological Society Stable*, 80(4), 753–771.
- Fowler, J. P. (2003). World heritage cultural landscapes 1992–2002. In *World heritage Papers nº 6*. (pp. 140). Paris: UNESCO World heritage.
- Franco Múgica, F., García Antón, M., & Sainz Ollero, H. (1998). Vegetation dynamics and human impact in the Sierra de Guadarrama, Central System, Spain. *The Holocene*, 8(1), 69–82. <https://doi.org/10.1191/095968398675691171>.
- Franco Múgica, F., García Antón, M., Maldonado Ruiz, J., Morla Juaristi, C., & Sainz Ollero, H. (2001). Evolución de la vegetación en el sector septentrional del macizo de Ayllón (Sistema Central). *Análisis polínico de la turbera de Pelagallinas. Anales Del Jardín Botánico de Madrid*, 59(1), 113–124. <https://doi.org/10.3989/ajbm.2001.v59.i1.102>.
- Freire, D., Fonseca, I., & Godinho, P. (2004). *Mundo Rural. Transformação e Resistência na Península ibérica (Século XX)* (Dulce Freire, I. Fonseca, & P. Godinho, Eds.). Lisboa, Portugal: Edições Colibri / Centro de Estudos de Etnologia Portuguesa.
- Freire, D., & Amaral, L. (2017). Agricultural Policy, Growth and Demise, 1930-2000. In D. Freire & P. Lains (Eds.), *An agrarian History of Portugal, 1000-2000: Economic Development on the European Frontier* (pp. 245–276). Lisboa, Portugal: Universidade de Lisboa.
- Freire, D., & Viana, C. (2017). Os SIG no apoio à normalização de bases de dados agrícolas históricas (1850-2009). *XI Congresso Da Geografia Portuguesa: As Dimensões e a Responsabilidade Social da Geografia*, 223–226. Porto.

- Fuentes-Santos, I., Marey-Pérez, M. F., & González-Manteiga, W. (2013). Forest fire spatial pattern analysis in Galicia (NW Spain). *Journal of Environmental Management*, 128, 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.04.020>.
- Fulé, P. Z., Ribas, M., Gutiérrez, E., Vallejo, R., & Kaye, M. W. (2008). Forest structure and fire history in an old *Pinus nigra* forest, eastern Spain. *Forest Ecology and Management*, 255(3–4), 1234–1242. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.10.046>.
- Galiana Martín, L., Aragonese, C., Montiel-Molina, C., Benito, F. C., & Ramiro, M. F. (2009). Caracterización de los Escenarios del Fuego en España. 5o Congreso Forestal Español, 1–12. Ávila.
- Galiana Martín, L. (2012). Las interfaces urbano-forestales: un nuevo territorio de riesgo en España. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, (58), 205–226.
- Galiana Martín, L., & Karlsson, O. (2012). Development of a Methodology for the Assessment of Vulnerability Related to Wildland Fires Using a Multi-Criteria Evaluation. *Geographical Research*, 50(3), 304–319. <https://doi.org/10.1111/j.1745-5871.2011.00718.x>.
- Gallardo, M., Gómez, I., Vilar, L., Martínez-Vega, J., Martín, M. P. 2016. Impacts of future land use/land cover on wildfire occurrence in the Madrid region (Spain). *Regional Environmental Change* 16 (4), 1047-1061. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0819-9>.
- Galvão, M. J., & Devy-Vareta, N. (2010). A multifuncionalidade das paisagens rurais: uma ferramenta para o desenvolvimento. In *Cadernos do Curso de Doutorado em Geografia* (pp. 61–86). Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Ganteaume, A., Camia, A., Jappiot, M., San-Miguel-Ayanz, J., Long-Fournel, M., & Lampin, C. (2013). A Review of the main driving factors of Forest Fire ignition over Europe. *Environmental Management*, 51(3), 651–662. <https://doi.org/10.1007/s00267-012-9961-z>.
- Ganteaume, A., & Syphard, A. D. (2018). Ignition sources. In S. L. Manzello (Ed.), *Encyclopedia of Wildfires and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires* (Springer, pp. 17). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-51727-8>.
- García Novo, F., Casal, M., & Pausas, J. G. (2018). Ecología de la regeneración de zonas incendiadas. Sevilla: Academia de Ciencias Sociales y del Medio Ambiente de Andalucía.
- García, L. M. (2013). Los incendios forestales históricos en el Sistema Central y la región de Madrid a través de los fondos del Archivo General de Palacio. In C. Montiel-

- Molina (Ed.), *Presencia histórica del fuego forestal en el territorio* (pp. 55–75). ISBN: 978-84-491-1289-8.
- García-Quintana, A., Martín-Duque, J. F., González-Martín, J. a., García-Hidalgo, J. F., Pedraza, J., Herranz, P., ... Estévez, H. (2005). Geology and rural landscapes in central Spain (Guadalajara, Castilla-La Mancha). *Environmental Geology*, 47(6), 782–794. <https://doi.org/10.1007/s00254-004-1204-z>.
- Gaspar, J. (2001). O retorno da paisagem à geografia apontamentos místicos. *Finisterra*, 36(72), 83–99.
- Germano, A. (2000). *Regime Florestal. Um século de existência*. Lisboa, Portugal: Direção Geral Recursos Florestais.
- Giglio, L., Schroeder, W., & Justice, C. O. (2016). The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products. *Remote Sensing of Environment*, 178, 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.054>.
- Gil García, M. J. (1992). *Dinámica de la paleovegetación en el sector oriental del Sistema Central Español durante el Holoceno, en base al análisis polínico. Implicaciones climáticas* (Tesis Doctoral). Madrid: Universidad de Alcalá de Henares.
- Gil-Romera, G., Carrión, J. S., Pausas, J. G., Sevilla-Callejo, M., Lamb, H. F., Fernández, S., & Burjachs, F. (2010). Holocene fire activity and vegetation response in South-Eastern Iberia. *Quaternary Science Reviews*, 29(9–10), 1082–1092. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.01.006>.
- Gil-Romera, G., González-Sampériz, P., Lasheras-Álvarez, L., Sevilla-Callejo, M., Moreno, A., Valero-Garcés, B., ... García-Prieto Fonce, E. (2014). Biomass-modulated fire dynamics during the last glacial-interglacial transition at the central pyrenees (Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 402, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.03.015>.
- Gløersen, E., Lecarte, J., Price, M. F., Borec, A., Dax, T., & Giordano, B. (2016). Cohesion in mountainous regions of the EU, Research for REGI Committee. In *Regional Development, Policy Department B: Structural and Cohesion Policies - Directorate-General for Internal Policies*. <https://doi.org/10.1192/bjp.111.479.1009-a>.
- Gobierno de Castilla-La Mancha (2015). *Catálogo de Montes de Utilidad Pública de la provincia de Guadalajara* (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, & Dirección General del Medio Natural, Eds.). <https://doi.org/10.1192/bjp.111.479.1009-a>.
- Gómez Mendoza, J. (1967). La venta de baldíos y comunales en el siglo XVI. Estudio de su proceso en Guadalajara. *Estudios Geográficos*, 28(109), 499.

- Gómez Mendoza, J. (1992). *Ciencia y política de los montes españoles (1848-1936)*. Madrid: ICONA.
- Gómez Mendoza, J., & Mata Olmo, R. (1992). Actuaciones forestales públicas desde 1940. *Objetivos, criterios y resultados. Agric. Soc.*, 65, 15–64.
- Gonçalves, A. B. (2006). *Geografia dos incêndios em espaços silvestres de montanha – O caso da Serra da Cabreira (Tese de Doutoramento)*. Universidade do Minho.
- Gonçalves, A. B., & Vieira, A. (2013). *Grandes incêndios florestais, erosão, degradação e medidas de recuperação dos solos*. Braga: Universidade do Minho Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento.
- Gonçalves, A. B., Vieira, A., Martins, C. O., Ferreira-Leite, F., & Silva, F. C. (2019). A desestruturação do mundo rural e o uso do fogo: o caso da Serra da Cabreira (Vieira do Minho). In M. L. Martins (Org.) (Ed.), *Caminhos nas ciências sociais. Memória, Mudança social e Razão - Estudos em homenagem a Manuel da Silva Costa* (pp. 87–104). Braga: Universidade do Minho.
- Gonçalves, A.C., Sousa, A. M. O. The fire in the Mediterranean Region: A case study of forest fires in Portugal. In *Mediterranean Identities-Environment, Society, Culture*, Fuerst-Bielis, B., Ed., IntechOpen: London, UK, 2017, pp. 305–335.
- González Márquez, J. *Climatología de tormentas en España – years 1997 to 2006, Meteored: Madrid, Spain, Greenpeace*. (2009). *El futuro en llamas*. 44. Retrieved from <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/bosques/090813-02.pdf>.
- Gunderson, L. H. (2016). *Ecological Resilience - in Theory and Application*, 31, 425–439. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/221739>.
- Gutiérrez, F., Harvey, A., García-Ruiz, J. M., Silva, P., & Cendrero, A. (2013). Geomorphological research in Spain. *Geomorphology*, 196, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.12.014>.
- Hanes, C. C., Wang, X., Jain, P., Parisien, M. A., Little, J. M., & Flannigan, M. D. (2019). Fire-regime changes in Canada over the last half century. *Canadian Journal of Forest Research*, 49(3), 256–269. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0293>.
- Hansen, W. D. (2014). Generalizable principles for ecosystem stewardship-based management of social-ecological systems: lessons learned from Alaska. *Ecology and Society*, 19(4). <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06907-190413>.
- Harley, G., Baisan, C., Brown, P., Falk, D., Flatley, W., Grissino-Mayer, H., ... Taylor, A. (2018). Advancing Dendrochronological Studies of Fire in the United States. *Fire*, 1(1), 11. <https://doi.org/10.3390/fire1010011>.

- Heilig, G. K. (1995). *Lifestyles and Global Land-use Change: Data and Theses* (No. WP-95-91). Laxenburg, Austria.
- Heilig, G. K. (2006). Neglected Dimensions of Global Land-Use Change: Reflections and Data. *Population and Development Review*, 20(4), 831. <https://doi.org/10.2307/2137664>.
- Hernandez Vera, T., & Ruiz Zapata, B. (1984). Datos preliminares de los análisis polínicos de las tollas ubicadas en Galve de Sorbe (Guadalajara). *Anales Asociación Palinólogos de Lengua Española*, (1), 71–76. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10396/8427>.
- Hernando, J., & Madrazo, G. (2016). Firewood and charcoal consumption in Madrid during the eighteenth century and its effects on forest landscapes. In E. Vaz, C. Joanaz de Melo, L. Costa Pinto (Eds.), *Environmental History in the Making*. Springer (pp. 321–340). https://doi.org/10.1007/978-3-319-41085-2_18.
- Hessburg, P. F., Churchill, D. J., Larson, A. J., Haugo, R. D., Miller, C., Spies, T. A., ... Reeves, G. H. (2015). Restoring fire-prone Inland Pacific landscapes : seven core principles. *Landscape Ecology*. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0218-0>.
- Heyerdahl, E. K., Brubaker, L. B., & Agee, J. K. (2001). Spatial controls of historical fire regimes: A multiscale example from the interior west, USA. *Ecology*, 82(3), 660–678. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[0660:SCOHFR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[0660:SCOHFR]2.0.CO;2).
- Higuera, P. E., Peters, M. E., Brubaker, L. B., & Gavin, D. G. (2007). Understanding the origin and analysis of sediment-charcoal records with a simulation model. *Quaternary Science Reviews*, 26(13–14), 1790–1809. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.03.010>.
- Higuera, P. E., Abatzoglou, J. T., Littell, J. S., & Morgan, P. (2015). The changing strength and nature of fire-climate relationships in the northern Rocky Mountains, U.S.A., 1902-2008. *PLoS ONE*, 10(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127563>.
- Hinkel, J., Cox, M. E., Schlüter, M., Binder, C. R., & Falk, T. (2015). A diagnostic procedure for applying the social-ecological systems framework in diverse cases. *Ecology and Society*, 20(1). <https://doi.org/10.5751/ES-07023-200132>.
- Hoggart, K., Paniagua, A. 2001. The restructuring of rural Spain? *Journal of Rural Studies* 17(1), 63-80. [https://doi.org/10.1016/S0743-0167\(00\)00037-1](https://doi.org/10.1016/S0743-0167(00)00037-1).
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>.
- ICNF (2013). 6º Inventário Florestal Nacional - Termos e definições. Lisboa, Portugal.

- ICONA (1988). Plan Comarcal de Defensa Contra Incendios Forestales Sierra de Ayllón - Planos y Memoria - Caja MA-1228, Archivo Dirección Provincial de Guadalajara. Guadalajara.
- INE - Statistics Portugal Population Census (Year: from 1864 to 2001, Variable: Number of inhabitants, Scale: Municipality). Available online: <https://www.ine.pt> (accessed on 6 February 2019).
- INE - Statistics Portugal Portuguese General Census of Agriculture (Year: 1999 and 2009, Variable: Cattle units, Scale: Municipality). Available online: <https://www.ine.pt> (accessed on 27 March 2019).
- INE - Statistics Spain Population Census (Year: from 1877 to 2001, Variable: Number of inhabitants, Scale: Municipality). Available online: <https://www.ine.es> (accessed on 6 February 2019).
- INE - Statistics Spain Spanish Census of Agriculture (Year: 1989 and 1999, Variable: Cattle units, Scale: Municipality). Available online: <https://www.ine.es> (accessed on 6 February 2019).
- INE - Statistics Spain Spanish Census of Agriculture (Year: 1999 and 2009, Variables: Cattle units, Scale: Municipality). Available online: <http://www.ine.es> (accessed on 27 March 2019).
- Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. (1986). Los incendios forestales en España durante 1986. Madrid.
- Instituto Superior de Agronomia (ISA) (2010). Proposta técnica para o plano nacional de defesa da floresta contra incêndios – Relatório final. I, 208.
- Ioannis, N., Diofantos, H., Jacob, K.J., Hanspeter, L., Giovanni, Q. (2018) How does land management contribute to the resilience of Mediterranean forests and rangelands? A participatory assessment. *Land Degrad. Dev.*, 29, 10. <https://doi.org/10.1002/ldr.3104>.
- Iriarte-Goñi, I., & Ayuda, M.-I. (2018). Should Forest Transition Theory include effects on forest fires? The case of Spain in the second half of the twentieth century. *Land Use Policy*, 76, 789–797. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.009>.
- Izdebski, A., & Mulryan, M. (2019). Environment and Society in the Long Late Antiquity. In *Environment and Society in the Long Late Antiquity*. <https://doi.org/10.1163/9789004392083>.
- Jansen, J. (2008). The infield-outfield farming system as a major solution for sustainable management of the semi-natural and cultural heritage in Parque Natural de Serra de Estrela. *Lazaroa*, 29, 19–26. <https://doi.org/10.5209/LAZAROA.9673>.

- Jansen, J., Rego, F., Gonçalves, P., & Silveira, S. (1997). Fire, a strong landscape shaping element in the Serra da Estrela (Portugal). *NNA-Berichte*, 10(5), 150–162.
- Janssen, C. R., & Woldringh, R. E. (1981). A preliminary radiocarbon dated pollen sequence from the Serra da Estrela, Portugal. *Finisterra*, 16(32), 299–309. <https://doi.org/10.18055/Finis2176>.
- JCCM (2017). Plan estratégico para la ganadería extensiva en Castilla-La Mancha. Toledo.
- JCCM (2020). Spain - Rural Development Programme (Regional) - Castilla-La Mancha. Castilla-La Mancha.
- Jerez, D.P., Fernández-Such, F., Martín, B O., Llanes, Ó.M. 2004. Las zonas rurales en España: Un diagnóstico desde la perspectiva de las desigualdades territoriales y los cambios sociales y económicos. Caritas Española, Madrid.
- Jiménez-Ruano, A., Rodrigues Mimbbrero, M., De La Riva Fernández, J. Exploring spatial-temporal dynamics of fire regime features in mainland Spain. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2017, 17, 1697–1711. <https://doi.org/10.5194/nhess-17-1697-2017>.
- Joanaz de Melo, C. (2017). *Arborizar contra cheias, tempestades e marés 1834-1886 - Políticas de águas e de florestas em Portugal*. Lisboa: Instituto de Arqueologia e Paleociências (UNL) e Instituto de História Contemporânea. ISBN: 978-8479561666.
- Jolly, W. M., Cochrane, M. A., Freeborn, P. H., Holden, Z. A., Brown, T. J., Williamson, G. J., & Bowman, D. M. J. S. (2015). Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications*, 6, 1–11. <https://doi.org/10.1038/ncomms8537>.
- Jones, N., de Graa, J., Rodrigo, I., Duarte, F. (2011) Historical review of land use changes in Portugal (before and after EU integration in 1986) and their implications for land degradation and conservation, with a focus on Centro and Alentejo regions. *Appl. Geogr.*, 31, 1036–1048. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.01.024>.
- Jucker Riva, M., Daliakopoulos, I.N., Eckert, S., Hodel, E., Liniger, H. (2017) Assessment of land degradation in Mediterranean forests and grazing lands using a landscape unit approach and the normalized difference vegetation index. *Appl. Geogr.*, 86, 8–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.017> 0143-6228.
- Kapos, V., Rhind, J., Edwards, M., Price, M. F., & Ravilious, C. (2000). Developing a map of the world's mountain forests. In M. F. Price & N. Butt (Eds.), *Forests in sustainable mountain development: a state of knowledge report for 2000* (pp. 4–9). <https://doi.org/10.1079/9780851994468.0000>.

- Kaya, A., Bettinger, P., Boston, K., Akbulut, R., Ucar, Z., Siry, J., ... Cieszewski, C. (2016). Optimisation in Forest Management. *Current Forestry Reports*, 2(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s40725-016-0027-y>.
- Keeley, J. E., & Fotheringham, C. J. (2001). Historic Fire Regime in Southern California Shrublands \ Régimen Histórico de Incendios en Zonas Arbustivas del Sur de California. *Conservation Biology*, 15(6), 1536–1548. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.00097.x>.
- Keeley, J. E. (2011). Fire in Mediterranean ecosystems. *Israel Journal of Ecology & Evolution* 58, 123-135. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139033091>.
- Keeley, J. E., Bond, W. J., Bradstock, R. A., Pausas, J. G., Rundel, P. W. (2012). *Fire in the Mediterranean Ecosystems – Ecology, Evolution and Management*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 515.
- Kent, L. Y. (2014). An Evaluation of Fire Regime Reconstruction Methods. In ERI Working Paper No. 32. Ecological Restoration Institute and Southwest Fire Science Consortium, Northern Arizona University: Flagstaff, AZ. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2055.0807>.
- Kolden, C. A., & Henson, C. (2019). A Socio-Ecological Approach to Mitigating Wildfire Vulnerability in the Wildland Urban Interface: A Case Study from the 2017 Thomas Fire. *Fire*, (1), 1–19. <https://doi.org/10.3390/fire2010009>.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>.
- Koulelis, P., & Mitsopoulos, I. (2007). A study of the socioeconomic factors influencing wildfire occurrence in Mediterranean Basin countries. USDA Forest Service - General Technical Report RMRS-GTR.
- Koutsias, N., Martínez-Fernández, J., Allgöwer, B. (2010). Do factors causing wildfires vary in space? Evidence from geographically weighted regression. *GISci. Remote Sens.*, 47, 221–240. <https://doi.org/10.2747/1548-1603.47.2.22>.
- Krawchuk, M. A., Moritz, M. A., Parisien, M. A., Van Dorn, J., & Hayhoe, K. (2009). Global pyrogeography: The current and future distribution of wildfire. *PLoS ONE*, 4(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005102>.
- Krebs, P., Pezzatti, G. B., Mazzoleni, S., Talbot, L. M., & Conedera, M. (2010). Fire regime: history and definition of a key concept in disturbance ecology. *Theory in Biosciences*, 129(1), 53–69. <https://doi.org/10.1007/s12064-010-0082-z>.

- LaCroix, J.J., Ryu, S.R., Zheng, D., Chen, J. (2006). Simulating fire spread with landscape management scenarios. *Forest Science* 52 (5), 522-529.
- Lambin, E. F., & Meyfroidt, P. (2010). Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socioeconomic change. *Land Use Policy*, 27(2), 108–118. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.09.003>.
- Landres, P. B., Morgan, P., & Swanson, F. J. (1999). Overview of the use of natural variability concepts in managing ecological systems. *Ecological Applications*, 9(4), 1179–1188. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1999\)009\[1179:OOTUON\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1999)009[1179:OOTUON]2.0.CO;2).
- Lasanta, T. Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: A study of the Spanish Central Pyrenees. *Appl. Geogr.* 2005, 25, 47–65.
- Lecoq, N. J. (2014). A Herdade da Contenda. Uma Paisagem única como Paisagem de referência (Tese de Doutoramento). Universidade de Évora.
- Leone, V., Lovreglio, R., & Martínez-Fernandéz, J. (2002). Forest fires and anthropogenic influences. A study case (Gargano National Park, Italy). In D. Viegas (Ed.), *IV International Conference on Forest Fire Research & Wildland Fire Safety Summit* (pp.17). Rotterdam: Millpress Science Publishers.
- Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes. BOE-A-2003-21339, Boletín Oficial del Estado.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., ... Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 698–709. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023>.
- Lloret, Francisco, & Marí, G. (1998). Visió històrica dels incendis forestals al Port de Tortosa els segles XIV i XV. *Butlletí Institució Catalana Història Natural*, (6), 129–140. Retrieved from <file:///D:/Documentos/TRABAJO/Bibliografia/Articulos/LLORET%5Cn%5CnMARI%5Cn1998%5CnVisio%5Cnhistorica%5Cndels%5Cnincendis%5Cnforestal.s.pdf>.
- Lloret, F., & Marí, G. (2001). A comparison of the medieval and the current fire regimes in managed pine forests of Catalonia (NE Spain). *Forest Ecology and Management*, 141(3), 155–163. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00323-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00323-6).
- Lloret, F., Calvo, E., Pons, X., & Díaz-Delgado, R. (2002). Wildfires and landscape patterns in the Eastern Iberian Peninsula. *Landscape Ecology*, 17(8), 745–759. <https://doi.org/10.1023/A:1022966930861>.

- Lloret, F., & Bendinelli, I. (2005). Els incendis forestals a Catalunya de principis del segle XX a partir de fonts periodístiques. *Orsis*, 20, 83–91.
- Lloret, F., Piñol, J., & Castellnou, M. (2009). Wildfires. In J. C. Woodward (Ed.), *The Physical Geography of the Mediterranean Basin* (pp. 541–558). Oxford: Oxford University Press. ISBN: 9780191608414.
- Loepfe, L., Martínez-Vilalta, J., Oliveres, J., Piñol, J., & Lloret, F. (2010). Feedbacks between fuel reduction and landscape homogenisation determine fire regimes in three Mediterranean areas. *Forest Ecology and Management*, 259(12), 2366–2374. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.03.009>.
- López García, P. (1978). Resultados polínicos del Holoceno en la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 35, 9–44.
- López Gómez, A. (1951). *La Serranía de Atienza (Estudio de Geografía Humana)*. Tesis de Doctorado, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Madrid, Madrid, España.
- López Gómez, A. (1974). Colectivismo y sistemas agrarios de la serranía de Atienza (Guadalajara). *Estudios Geográficos*, 35, 137–519.
- López Gómez, A. (1980). Los bosques de la serranía de Atienza en el s. XVIII. *Wad-Al-Hayara: Revista de Estudios de Guadalajara*, 7, 369–378.
- López-Merino, L., López-Sáez, J. A., Alba-Sánchez, F., Pérez-Díaz, S., & Carrión, J. S. (2009). 2000 years of pastoralism and fire shaping high-altitude vegetation of Sierra de Gredos in central Spain. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 158, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2009.07.003>.
- López-Merino, L., Silva Sánchez, N., Kaal, J., López-Sáez, J. A., & Martínez Cortizas, A. (2012). Post-disturbance vegetation dynamics during the Late Pleistocene and the Holocene: An example from NW Iberia. *Global and Planetary Change*, 92–93, 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.04.003>.
- López-Sáez, J. A., Abel-Schaad, D., Pérez-Díaz, S., Blanco-González, A., Alba-Sánchez, F., Dorado, M., ... Franco-Múgica, F. (2014). Vegetation history, climate and human impact in the Spanish Central System over the last 9000 years. *Quaternary International*, 353, 98–122. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.06.034>.
- López-Sáez, J. A., Abel-Schaad, D., Luelmo-Lautenschlaeger, R., Robles-López, S., Pérez-Díaz, S., Alba-Sánchez, F., ... Gavilán, R. G. (2018). Resilience, vulnerability and conservation strategies in high-mountain pine forests in the Gredos range, Central Spain. *Plant Ecology and Diversity*, 11(1), 97–110. <https://doi.org/10.1080/17550874.2018.1449261>.

- López-Sáez, J. A., Vargas, G., Ruiz-Fernández, J., Blarquez, O., Alba-Sánchez, F., Oliva, M., ... Abel-Schaad, D. (2018). Paleofire Dynamics in Central Spain during the Late Holocene: The Role of Climatic and Anthropogenic Forcing. *Land Degradation and Development*, 29(7), 2045–2059. <https://doi.org/10.1002/ldr.2751>.
- Lourenço, L. (1988). Incêndios florestais entre Mondego e Zêzere no periodo de 1975 a 1985. *Cadernos de Geografia*, 7, 181–189. https://doi.org/10.14195/0871-1623_7_8.
- Lourenço, L., & Malta, P. (1993). Elementos estatísticos - Incêndios florestais em Portugal Continental na década de 80 e anos seguintes. *Finisterra*, XXVIII(55–56), 261–277.
- Lourenço, L. (1994). Arborização das vertentes serranas, uma medida de protecção contra as enxurradas. Fogos florestais um atentado contra as arborizações e um incentivo ao desenvolvimento de enxurradas. III Encontro Florestal Nacional, Figueira da Foz, Portugal, 9, 1–9.
- Lourenço, L., Bento Gonçalves, A., Vieira, A., Nunes, A., & Ferreira-Leite, F. (2012). Forest fires in Portugal. In A. Bento Gonçalves & A. Vieira (Eds.), *Portugal: Economic, Political and Social Issues* (pp. 97–111). New York: Nova Science Publishers. ISBN: 978-1-62257-474-2.
- Lourenço, L., Fernandes, S., Nunes, A., Bento Gonçalves, A., & Vieira, A. (2013). Determination of forest fire causes in Portugal (1996–2010). *Flamma*, 4(3), 171–175.
- Lourenço, L., Oliveira, S., Félix, F., Bento Gonçalves, A., Nunes, A., & Vieira, A. (2014). O projecto PREFER: Informação de apoio à prevenção de incêndios florestais e à recuperação de áreas ardidas, com recurso à detecção remota. *Territorium*, 21, 196–199.
- Lourenço, L., Tedim, F., & Ferreira, C. (2019). Incêndios Florestais em Portugal continental. Degradação da Paisagem ou reabilitação após as cinzas? In *Os incêndios florestais. Em busca de um novo paradigma - II Diálogo entre Ciência e Utilizadores* (pp. 9–30). <https://doi.org/10.34037/978-972-8330-25-5>.
- Louro, G., Marques, H., & Salinas, F. (2002). Elementos de apoio à elaboração de projectos florestais. In G. Louro, H. Marques, & F. Salinas (Eds.), *Estudos e Informação* (Vol. 321). Lisboa, Portugal: Direção-Geral das Florestas.
- Lozano, F. J., Suárez-Seoane, S., & de Luis, E. (2006). Estudio comparativo de los regímenes de fuego en tres espacios naturales del oeste peninsular mediante imágenes Landsat. *Revista de Teledetección*, 26, 77–86. Retrieved from file:///D:/Documentos/TRABAJO/Bibliografia/Articulos/LOZANO%5Cnet%5Cn al%5Cn2006%5CnEstudio%5Cncomparativo%5Cnde%5Cnlos%5Cnregimenes%

5Cnfuego%5Cnen%5Cntres%5Cnespacios%5Cnnaturales%5Cndel%5Cnoeste%5Cnpeninsular%5Cnmediante%5Cnimagenes%5CnLandsat.pdf.

- Ludemann, T., & Nelle, O. (2017). Anthracology: local to global significance of charcoal science. *Quaternary International*, 457(October), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.10.003>.
- Lunt, I. D., & Spooner, P. G. (2005). Using historical ecology to understand patterns of biodiversity in fragmented agricultural landscapes. *Journal of Biogeography*, 32(11), 1859–1873. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01296.x>.
- Macedo, F. W., & Sardinha, A. M. (1987). *Fogos Florestais*. Lisboa, Portugal: Publicações Ciência e Vida (pp. 430).
- Madrigal, J., Hernando, C., & Guijarro, M. (2011). El papel de la regeneración natural en la restauración tras grandes incendios forestales: El caso del pino negral. *Boletín del CIDEU*, (10), 5–22.
- Magalhães, M. R., Baptista, F. O., Cunha, N., Muller, A., Pena, S. B., Silva, J., & Leitão, M. (2012). O ordenamento do território na prevenção dos incêndios rurais. In F. Tedim & D. Paton (Eds.), *A dimensão social dos incêndios florestais, Para uma gestão integrada e sustentável* (pp. 55–100). Porto: E. Criativas. ISBN: 9789898459107.
- Magalhães, S. R., Ribeiro, C. A., Castro, J. M., Fernandes, P., Silva, C. A., Pinheiro, H., & Azevedo, J. C. (2017). Comportamento do fogo em diferentes períodos e configurações de uma paisagem no Nordeste de Portugal. *Ciência Florestal, Santa Maria*, 27(2), 457–469. <https://doi.org/10.5902/1980509827728>.
- Manderscheid, E. B. (1991). *Los montes de España en la Historia* (Servicio de Publicaciones Agrarias y Fundación Conde del Valle de Salazar, Ed.). Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (pp. 629). ISBN: 8486793920.
- Manojkumar, N., & Srimuruganandam, B. (2019). Assessment of gaseous emissions and radiative forcing in Indian forest fires. *International Journal of Environmental Studies*, 76(4), 541–557. <https://doi.org/10.1080/00207233.2019.1596387>.
- Manteigas Municipal Council (1885–1895). *Manteigas Municipal Council Meeting Books*. Manteigas, Portugal.
- Marcucci, D. J. (2000). Landscape history as a planning tool. *Landscape and Urban Planning*, 49(1–2), 67–81. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00054-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00054-2).
- Marques, P. P. (2006). *Serra da Estrela: Gestão e Conservação de Habitats Prioritários - Projecto LIFE Natureza (LIFE02/NAT/P/8478)*. Tortosendo: Associação de Produtores Florestais do Paul. ISBN: 9727751415.

- Marques, S., Borges, J.G., Garcia-Gonzalo, J., Moreira, F. (2011). Characterization of wildfires in Portugal. *Eur. J. For. Res.*, 130, 775–784. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0470-4>.
- Martin, P., Salas, J., Riaño, D., & Chuvieco, E. (1999). Aplicaciones de la teledetección a los incendios forestales. In *Sistemas de Información Geográfica y Teledetección Espacial aplicadas a la ordenación del territorio y el medio ambiente*. Universidad de Talca.
- Martínez de Pisón, E. (2000). Estudios sobre el paisaje (E. Martínez de Pisón & C. Sanz Herráiz, Eds.). Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid y Fundación Duques de Soria. ISBN: 8474778018.
- Martínez de Pisón, E., & Molina Holgado, P. (2002). Diversidad del paisaje natural. In F. D. Pineda (Ed.), *La diversidad biológica de España* (pp. 33–44). Madrid: Prentice Hall. ISBN: 9788420535159.
- Martínez Murillo, J. F. (2015). Los incendios forestales y la configuración del paisaje de la montaña mediterránea. Un caso de estudio. In J. de la Riva, P. Ibarra, R. Montorio, & M. Rodrigues (Eds.), *Análisis Espacial y representación geográfica: innovación y aplicación* (pp. 1083–1091). Universidad de Zaragoza-AGE. ISBN: 978-84-92522-95-8.
- Martínez-Fernández, J., Vega-García, C., & Chuvieco, E. (2008). Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. *Journal of Environmental Management*, 90, 1241–1252. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.005>.
- Martínez-Fernández, J., Chuvieco, E., & Koutsias, N. (2013). Modelling long-term fire occurrence factors in Spain by accounting for local variations with geographically weighted regression. *Natural Hazards and Earth System Science*, 13(2), 311–327. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-311-2013>.
- Martínez-Vega, J., Díaz, A., Nava, J. M., Gallardo, M., & Echavarría, P. (2017). Assessing land use-cover changes and modelling change scenarios in two mountain Spanish National Parks. *Environments*, 4(4), 79. <https://doi.org/10.3390/environments4040079>.
- Martinho, A. T. (1981). O pastoreio e o queijo da Serra. (SNPRPP, Ed.). *Colecção Parques Naturais*, 3, Seia: Serviço Nacional de Parques Reservas e Património Paisagístico (pp. 125).
- Mata Olmo, R., & Sanz Herráiz, C. (2004). *Atlas de los Paisajes de España* (Ministerio de Medio Ambiente, Ed.). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. ISBN: 9788483202937.

- Mateus, A. (1992). A economia portuguesa depois da adesão às Comunidades Europeias: Transformações e desafios. *Análise Soc.*, XXVIII, 655–671.
- Mateus, P. (2015). Incêndios Florestais em Portugal: dinâmicas e políticas. Dissertação de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal (pp. 101).
- Mather, A. S., Pereira, J. M. C. (2006). Transição florestal e fogo em Portugal. In J. S. Pereira, J. M. C. Pereira, F. C. Rego, J. M. Silva, T. P. Silva (Eds.), *Incêndios Florestais em Portugal*. ISAPress: Lisboa, Portugal (pp. 257–286). ISBN: 972-8669-17-8.
- Mavsar, R., González, A., & Varela, E. (2013). The state of development of fire management decision support systems in America and Europe. *Forest Policy and Economics*, 29, 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2012.11.009>.
- Mazzoleni, S., di Pasquale, G., Mulligan, M., di Martino, P., & Rego, F. (2004). *Recent dynamics of the Mediterranean Vegetation and Landscape*. West Sussex, England: John Wiley & Sons. ISBN: 9780470093719.
- McGinnis, M. D., & Ostrom, E. (2014). A Framework for Analyzing, Comparing, and Diagnosing Social-Ecological Systems Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society*, 19(2), 30. <https://doi.org/10.5751/ES-06387-190230>.
- McWethy, D. B., Schoennagel, T., Higuera, P. E., Krawchuk, M., Harvey, B. J., Metcalf, E. C., ... Kolden, C. (2019). Rethinking resilience to wildfire. *Nature Sustainability*, 2(9), 797–804. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0353-8>.
- Mecha-López, P. (2004). Modelización territorial aplicada a la gestión forestal en la vertiente sur de la Sierra de Ayllón. Tesis de Doctorado. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España (pp. 94).
- Meneses, B. M., Reis, R., Vale, M. J., & Saraiva, R. (2015). Land use and land cover changes in Zêzere watershed (Portugal) - Water quality implications. *Science of the Total Environment*, 527–528, 439–447. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.092>.
- Meneses, B. M., Reis, E., Pereira, S. S., Vale, M. J. (2017). Understanding driving forces and implications associated with the land use and land cover changes in Portugal. *Sustainability*, 9, 351. <https://doi.org/10.3390/su9030351>.
- Meneses, B., Reis, E., & Reis, R. (2018). Assessment of the recurrence interval of wildfires in mainland Portugal and affected LUC patterns identification. *Journal of Maps*, 14(2), 282–292. <https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1454351>.

- Meneses, B., & Vale, M. J. (2018). Modelling land use and land cover changes in Portugal: a multi-scale and multi-temporal approach. *Finisterra*, 107, 3–26. <https://doi.org/10.18055/Finis12258>.
- Mesa Garrido, M. A. (2019). Reforestación, silvicultura e incendios forestales en la dinámica del paisaje del Espacio Natural de Sierra Nevada (1881-2018). *Investigaciones Geográficas*, (71), 209. <https://doi.org/10.14198/INGEO2019.71.10>.
- Millington, J. D. A., Perry, G. L. W., & Romero-Calcerrada, R. (2007). Regression techniques for examining land use/cover change: A case study of a Mediterranean landscape. *Ecosystems*, 10(4), 562–578. <https://doi.org/10.1007/s10021-007-9020-4>.
- Miranda, A., Carvalho, A., Gomes, P., Copena, D., & Lopes, L. (2018). Associativismo em áreas comunitárias. Vila Real: Baladi - Federação Nacional dos Baldios (pp. 136).
- Montejano, N. G. (1988). Apuntes en torno a la organización comunitaria de la Comarca de Ayllón (Segovia). *Anales del Museo del Pueblo Español*. Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales, Segovia, pp. 171-178.
- Montenegro, G., Ginocchio, R., Segura, A., Keely, J. E., & Gómez, M. (2004). Fire regimes and vegetation responses in two Mediterranean-climate regions. *Ecological Research*, 77(3), 455–464. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2004000300005>.
- Montero, G., & Serrada, R. (2013). La situación de los bosques y el sector forestal en España – ISFE, G. Montero & R. Serrada (Eds.). <https://doi.org/10.1192/bjp.112.483.211-a>.
- Montiel-Molina, C. (2000). Contribución de la Geografía española al estudio y la ordenación de los espacios forestales. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. 481–503.
- Montiel-Molina, C. (2003a). Origen y evolución de la propiedad forestal colectiva en España. *Cuadernos Soc. Esp. De Ciencias Forestales*, 16, 285–290.
- Montiel-Molina, C. (2003b). El patrimonio forestal mediterráneo: componentes y valoración. *Bois et forêts tropiques*, 276(2), 73–83.
- Montiel-Molina, C. (2003c). Tradición, renovación e innovación en los usos y aprovechamientos en las áreas rurales de montañas. *Cuadernos Geográficos* 33, 7-26.
- Montiel-Molina, C., Herrero, G. (2010). Overview of policies and practices related to fire ignitions. In: J. Sande Silva, F. Rego, P. Fernandes, E. Rigolot (Eds.), *Towards*

- Integrated Fire Management– Outcomes of the European Project Fire Paradox, European Forest Institute: Joensuu, pp. 35-46. ISBN: 970-952-5453-48-5.
- Montiel-Molina, C. (2013a). Investigación geohistórica sobre las causas de los incendios forestales. *Montes*, 114, 17–21.
- Montiel-Molina, C. (2013b). Presencia histórica del fuego en el territorio. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), pp. 230. ISBN: 978-84-491-1289-8.
- Montiel-Molina, C. (2013c). Comparative assessment of wildland fire legislation and policies in the European Union: Towards a fire framework directive. *Forest Policy and Economics*, 29, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2012.11.006>.
- Montiel-Molina, C., & Galiana Martín, L. (2005). Forest policy and land planning policy in Spain: a regional approach. *Forest Policy and Economics*, 7(2), 131–142. [https://doi.org/10.1016/S1389-9341\(03\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S1389-9341(03)00026-1).
- Montiel-Molina, C., & Galiana Martín, L. (2016). Fire scenarios in Spain: a territorial approach to proactive fire management in the context of global change. *Forests*, 7(273), 17. <https://doi.org/10.3390/f7110273>.
- Montiel-Molina, C., Karlsson, O., & Galiana Martín, L. (2018). Regional fire scenarios in Spain: Linking landscape dynamics and fire regime for wildfire risk management. *Journal of Environmental Management*, 233, 427–439. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.066>.
- Montiel-Molina, C., Vilar, L., Sequeira, C. R., Karlsson, O., Galiana Martín, L., Madrazo García de Lomana, G., & Palacios-Estremera, M. T. (2019). Have historical land use/land cover changes triggered a fire regime shift in Central Spain? *Fire*, 2(3). <https://doi.org/10.3390/fire2030044>.
- Moore, J., & Rhodes, N. (2000). Introduction to fire and the palaeoenvironment. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 164(1–4). [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(00\)00165-6](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(00)00165-6).
- Mora Pérez, J., & Franco Mayo, F. (2015a). 3ª Revisión del Proyecto de Ordenación del M.U.P nº 14 “Pinar, Dehesa de la hoz y Dehesilla” perteneciente al Término Municipal de Cantalojas (Guadalajara). Forestal Alcarreña - Sociedad Cooperativa de CL-M y Ayuntamiento de Cantalojas. Cantalojas (pp. 159).
- Mora Pérez, J., & Franco Mayo, F. (2015b). 3ª Revisión del Proyecto de Ordenación del M.U.P nº 23 del Catálogo de Montes de Utilidad Pública de la Comunidad Autónoma de Castilla la Mancha (Galve de Sorbe). Forestal Alcarreña - Sociedad Cooperativa de CL-M y Ayuntamiento de Galve de Sorbe. Galve de Sorbe (pp. 229). ISBN: 0030321700.

- Morales-Molino, C., García Antón, M., Postigo-Mijarra, J. M., & Morla, C. (2013). Holocene vegetation, fire and climate interactions on the westernmost fringe of the Mediterranean Basin. *Quaternary Science Reviews*, 59, 5–17. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.10.027>.
- Morcillo San Juan, A. (1997). El catálogo de Montes de Utilidad Pública de la Provincia de Guadalajara. Orígenes y Evolución. F. Puertas & M. Rivas (Eds.). *Actas Del II Congreso Forestal Español-II Congreso Forestal Hispano-Luso*, Tomo VI, pp. 507–512.
- Morcillo San Juan, A. (2001). Evolución del Patrimonio Forestal Público en la Provincia de Guadalajara durante los siglos XIX y XX. In *Actas del III Congreso Forestal Español* (pp. 6).
- Moreira, F., Rego, F. C., & Ferreira, P. G. (2001). Temporal (1958–1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence. *Landscape Ecology*, 16(6), 557–567. <https://doi.org/10.1023/A:1013130528470>
- Moreira, F., Vaz, P., Catry, F. X., & Silva, J. S. (2009). Regional variations in wildfire susceptibility of land-cover types in Portugal: implications for landscape management to minimize fire hazard. *International Journal of Wildland Fire*, 18(5), 563–574.
- Moreira, F., Catry, F. X., Rego, F., Bacao, F. (2010). Size-dependent pattern of wildfire ignitions in Portugal: When do ignitions turn into big fires? *Landsc. Ecol.*, 25, 1405–1417. <https://doi.org/10.1007/s10980-010-9491-0>.
- Moreira, F., Catry, F. X., Silva, J. S., & Rego, F. (2010). *Ecologia do Fogo e Gestão de Áreas Ardidas*. ISAPress: Lisboa, Portugal (pp. 323). ISBN: 9788578110796.
- Moreira, F., Viedma, O., Arianoutsou, M., Curt, T., Koutsias, N., Rigolot, E., ... Bilgili, E. (2011). Landscape – wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management. *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2389–2402. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.028>.
- Moreira, M. B., Coelho, I. S. (2008). *A Silvopastorícia na Prevenção dos Fogos Rurais*. ISAPress: Lisboa, Portugal (pp. 204). ISBN 978-972-8669-32-4.
- Moreno, J. M, Vázquez de la Cueva, A., & Vélez, R. (1998). Recent history of forest fires in Spain. In J. Moreno (Ed.), *Large Forest Fires* (pp. 159–185). <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1999.462-1.x>.
- Moreno, J.M. (2007). Cambio Global e Incendios Forestales: Una Visión desde España. 4ª Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales, Sevilla, España, 13-17 mayo, pp. 1–22.

- Moreno, J. M., Viedma, O., Zavala, G., & Luna, B. (2011). Landscape variables influencing forest fires in central Spain. *International Journal of Wildland Fire*, 20(5), 678–689. <https://doi.org/10.1071/WF10005>.
- Moreno, M. V., Conedera, M., Chuvieco, E., & Pezzatti, G. B. (2014). Fire regime changes and major driving forces in Spain from 1968 to 2010. *Environmental Science and Policy*, 37, 11–22. <http://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.08.005>.
- Morgan, P., Hardy, C. C., Swetnam, T. W., Rollins, M. G., & Long, D. G. (2001). Mapping fire regimes across time and space: Understanding coarse and fine-scale fire patterns. *International Journal of Wildland Fire*, 10, 329–342. <https://doi.org/10.1071/WF01032>.
- Moritz, M. A., Batllori, E., Bradstock, R. A., Gill, A. M., Handmer, J., Hessburg, P. F., ... Syphard, A. D. (2014). Learning to coexist with wildfire. *Nature*, 515(7525), 58–66. <https://doi.org/10.1038/nature13946>.
- Murphy, B. P., Bradstock, R. A., Boer, M. M., Carter, J., Cary, G. J., Cochrane, M. A., Bowman, D. (2013). Fire regimes of Australia: A pyrogeographic model system. *Journal of Biogeography* 40 (6), 1048-1058. <https://doi.org/10.1111/jbi.12065>.
- Nadal, J., Pèlach, A., Soriano, J. M., Molina, D., Cunill, R., & Bal, M. C. (2009). Mètodes per a l'estudi transdisciplinari del paisatge d'àrees de muntanya. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 0(55), 147–170. <https://doi.org/10.1234/no.disponible.a.RACO.171754>.
- Natário, R. (1997). Tratamento dos dados dos incêndios florestais em Portugal. *Revista Florestal - SPCF*, X(1), 12–18.
- National Wildfire Coordinating Group. (2014). Glossary of Wildland Fire Terminology (pp.189). pp. 189. Retrieved from <http://www.nwccg.gov/pms/pubs/glossary/pms205.pdf>.
- Naveh, Z. (1975). The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. *Vegetatio*, 29(3), 199–208. <https://doi.org/10.1007/BF02390011>.
- Nielsen-Pincus, M., Goldberg, C. S., Pocewicz, A., Ellen, J., Waits, L. P., Morgan, P., & Vierling, L. (2010). Predicted effects of residential development on a northern Idaho landscape under alternative growth management and land protection policies. *Landscape and Urban Planning*, 94, 255–263. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.10.011>.
- Nunes, A. (2000). O risco de incêndio florestal e a prática da pastorícia em 4 concelhos da Serra da Estrela: tentativa de correlação. *Territorium*, 7, 55–64. <https://doi.org/10.14195/1647-7723>.

- Nunes, A. (2001). Incêndios florestais no Parque Natural da Serra da Estrela: Quadro físico-geográfico da sua ocorrência. *Cadernos de Geografia*, 20, 93–112.
- Nunes, A. (2012). Regional variability and driving forces behind forest fires in Portugal an overview of the last three decades (1980-2009). *Applied Geography*, 34, 576–586. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.03.002>.
- Nunes, A., Lourenço, L., Fernandes, S., & Castro, A. C. M. (2014). Principais causas dos incêndios florestais em Portugal: Variação espacial no período 2001/12. *Territorium*, 21, 135–146.
- Nunes, A., Lourenço, L., Meira, A.C. (2016). Exploring spatial patterns and drivers of forest fires in Portugal (1980–2014). *Sci. Total Environ.*, 573, 1190–1202. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.121>.
- Nunes, M. C. S., Vasconcelos, M. J., Pereira, J. M. C., Dasgupta, N., Alldredge, R. J., & Rego, F. C. (2005). Land cover type and fire in Portugal: do fires burn land cover selectively? *Landscape Ecology*, 20(6), 661–673. <https://doi.org/10.1007/s10980-005-0070-8>.
- O'Connor, C. D., Garfin, G. M., Falk, D. A., Swetnam, T. W. (2011). Human Pyrogeography: A new synergy of fire, climate and people is reshaping ecosystems across the Globe. *Geography Compass* 5 (6), 329-350. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2011.00428.x>.
- Oliveira, E. (2018). Tipificação e classificação dos grandes incêndios florestais do território da CIM Viseu Dão Lafões - Desenvolvimento dos trabalhos (relatório técnico não publicado). Viseu Dão Lafões.
- Oliveira, S. L. J., Pereira, J. M. C., & Carreiras, J. M. B. (2012). Fire frequency analysis in Portugal (1975-2005), using Landsat-based burnt area maps. *International Journal of Wildland Fire*, 21(1), 48–60. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1071/WF10131>.
- Oliveira, S., Oehler, F., San-Miguel-Ayanz, J., Camia, A., & Pereira, J. M. C. (2012). Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using Multiple Regression and Random Forest. *Forest Ecology and Management*, 275, 117–129. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.03.003>.
- Oliveira, S., Moreira, F., Boca, R., San-Miguel-Ayanz, J., Pereira, J. M. C. (2014). Assessment of fire selectivity in relation to land cover and topography: A comparison between Southern European countries. *Int. J. Wildland Fire*, 23, 620–630. <https://doi.org/10.1071/WF12053>.

- Oliveira, T. M., Guiomar, N., Baptista, F. O., Pereira, J. M. C., & Claro, J. (2017). Is Portugal's forest transition going up in smoke? *Land Use Policy*, 66, 214–226. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.04.046>.
- Ollero, H. S., Juaristi, C. M., Maldonado Ruiz, J., García Antón, M., Múgica, F. (2001). Evolución de la vegetación en el sector septentrional del macizo de Ayllón (Sistema Central). Análisis polínico de la turbera de Pelagallinas. *Anales Del Jardín Botánico de Madrid* 59 (1), 113-124.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325, 419–422. <https://doi.org/10.5055/jem.2013.0130>.
- Pages, J., & Duane, A. (2015). Methodology for incorporating large fire risk into landscape management decision making. FIREfficient report, Operational tools for improving efficiency in wildfire risk reduction in EU landscapes. Forest Sciences Centre of Catalonia, Generalitat de Catalunya, Pau Costa Foundation, EFI, Kings College, EU. Bellaterra, Spain (pp. 38).
- Paniagua, A., & Hoggart, K. (2001). The restructuring of rural Spain? *Journal of Rural Studies*, 17(1), 63–80. [https://doi.org/10.1016/S0743-0167\(00\)00037-1](https://doi.org/10.1016/S0743-0167(00)00037-1).
- Paniagua, A. (2009). The politics of place: Official, intermediate and community discourses in depopulated rural areas of Central Spain. The case of the Riaza river valley (Segovia, Spain). *Journal of Rural Studies*, 25(2), 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.12.001>.
- Parks, S. A., Miller, C., Holsinger, L. M., Baggett, L. S., & Bird, B. J. (2016). Wildland fire limits subsequent fire occurrence. *International Journal Of Wildland Fire* 2016, 25, 182–190. <https://doi.org/10.1071/WF15107>.
- Pascual, F. G. (2006). Políticas públicas y sustentabilidad en las zonas desfavorecidas y de montaña en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 41, 151-182.
- Pausas, J. G., Vallejo, V. R. (1999) The role of fire in European Mediterranean Ecosystems. In E. Chuvieco (Ed.), *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin*. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 3–16. ISBN 978-3-642-64284-5.
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2009). A burning story: the role of fire in the history of life. *BioScience*, 59(7), 593–601. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.7.10>.
- Pausas, J. G., & Fernández-Muñoz, S. (2012). Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climatic Change*, 110(1–2), 215–226. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0060-6>.

- Pausas, J. G., & Paula, S. (2012). Fuel shapes the fire-climate relationship: evidence from Mediterranean ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 21(11), 1074–1082. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2012.00769.x>.
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2014). Abrupt Climate-Independent Fire Regime Changes. *Ecosystems*, 17(6), 1109–1120. <https://doi.org/10.1007/s10021-014-9773-5>.
- Pausas, J. G., Montiel-Molina, C., Galiana Martín, L., Plana Bach, E., García Hernández, A., Quilez, R., ... Lázaro, M. Á. (2015). Decálogo de incendios forestales. Pau Costa Foundation. Barcelona, Spain (pp. 8).
- Pausas, J. G., Llovet, J., Anselm, R., & Vallejo, R. (2008). Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin ? – A review. *International Journal of Wildland Fire*, 17(6), 713–723. <https://doi.org/10.1071/WF07151>.
- Pausas, J. G. (2006). Simulating Mediterranean landscape pattern and vegetation dynamics under different fire regimes. *Plant Ecol.*, 187, 249–259. <https://doi.org/10.1007/s11258-006-9138-z>.
- Paveglio, T. B., Abrams, J., & Ellison, A. (2016). Developing fire adapted communities: The importance of interactions among elements of local context. *Society and Natural Resources*, 29(10), 1246–1261. <https://doi.org/10.1080/08941920.2015.1132351>.
- Paveglio, T. B., Edgeley, C. M., Carroll, M., Billings, M., & Stasiewicz, A. M. (2019). Exploring the influence of local social context on strategies for achieving fire adapted communities. *Fire*, 2(2), 26. <https://doi.org/10.3390/fire2020026>.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions, European Geosciences Union*, 11(5), 1633–1644.
- Pèlachs, A., Nadal, J., Soriano, J. M., Molina, D., Cunill, R. (2009). Changes in Pyrenean woodlands as a result of the intensity of human exploitation: 2,000 years of metallurgy in Vallferrera, northeast Iberian Peninsula. *Vegetation History and Archaeobotany*, 18(5), 403–416. <https://doi.org/10.1007/s00334-009-0218-6>.
- Pemán García, J., Iriarte-Goñi, I., & Lario Leza, F. J. (2017). La restauración forestal de España: 75 años de una ilusión. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (pp. 414). ISBN: 9788449114953.
- Pereira, J. M. C., Carreiras, J. M., & Vasconcelos, M. J. (1998). Exploratory data analysis of the spatial distribution of wildfires in Portugal, 1980-1989. *Geographical Systems*, 5, 355–390.

- Pereira, J. M. C., & Santos, M. T. (2003). Cartografia das áreas queimadas e do risco de incêndio em Portugal Continental (1990-1999). Lisboa, Portugal: Direcção-Geral das Florestas.
- Pereira, J. M. C., Carreiras, J. M. B., Silva, J. M. N., & Vasconcelos, M. J. (2006). Alguns conceitos básicos sobre os fogos rurais em Portugal. In J. S. Pereira, J. M. C. Pereira, F. C. Rego, J. M. N. Silva, T. P. Silva (Eds.), *Incêndios Florestais em Portugal: Caracterização, Impactes e Prevenção*. ISAPress: Lisbon, Portugal. ISBN: 972-8669-17-8.
- Pereira, M. G., Malamud, B. D., Trigo, R. M., & Alves, P. I. (2011). The history and characteristics of the 1980-2005 Portuguese rural fire database. *Natural Hazards and Earth System Science*, 11(12), 3343–3358. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-3343-2011>.
- Pereira, M.G., Aranha, J., Amraoui, M. (2014). Land cover fire proneness in Europe. *For. Syst.*, 23, 598–610. <https://doi.org/10.5424/fs/2014233-06115>.
- Pereira, M. G., Aranha, J., & Amraoui, M. (2015). Vegetation fire proneness in Europe. *Geophysical Research Abstracts*, 17(3), 15637.
- Pérez, B., Moreno, J.M. 1998. Fire-type and forestry management effects on the early postfire vegetation dynamics of a *Pinus pinaster* woodland. *Plant Ecology* 134 (1), 27-41. <https://doi.org/10.1023/A:1009733818670>.
- Pérez-Obiol, R., Bal, M. C., Pèlach, A., Cunill, R., & Soriano, J. M. (2012). Vegetation dynamics and anthropogenically forced changes in the Estanilles peat bog (southern Pyrenees) during the last seven millennia. *Vegetation History and Archaeobotany*, 21(4–5), 385–396. <https://doi.org/10.1007/s00334-012-0351-5>.
- Pérez-Obiol, R., García-Codron, J. C., Pèlach, A., Pérez-Haase, A., & Soriano, J. M. (2016). Landscape dynamics and fire activity since 6740 cal yr BP in the Cantabrian region (La Molina peat bog, Puente Viesgo, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 135, 65–78. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.01.021>.
- Pinho, J. (2018). Evolução histórica dos organismos no âmbito da administração pública florestal (1824-2012). *Cultivar - Cadernos de Análise e Prospetiva*, 11, 1–14.
- Pinho, J., & Mateus, P. (2019). Retrato a carvão: A gestão do fogo no âmbito da Administração Florestal e do Ordenamento Florestal do Território. Subsídios para uma perspectiva histórica e de futuro. *Territorium*, 26(II), 61–88. https://doi.org/10.14195/1647-7723_26-2_5.
- Plan General de Lucha Contra Los Incendios Forestales en Castilla-La-Mancha - Archivo Dirección Provincial Guadalajara, Caja MA-1224. Guadalajara, Madrid.

- Plaza Gutiérrez, J. I., Martín Jiménez, M. I., Hortelano Mínguez, L. A., Fernández Álvarez, R. (2008). Desarrollo territorial y cambios en las montañas interiores (factores, tendencias e iniciativas). *Contrastes y estudios de caso. Polígonos. Rev. Geogr.*, 18, 155–191. <https://doi.org/10.18002/pol.v0i18.202>.
- Plieninger, T., Draux, H., Fagerholm, N., Bieling, C., Bürgi, M., Kizos, T., Kuemmerle, T., Primdahl, J., Verburg, P. H. (2016). The driving forces of landscape change in Europe: A systematic review of the evidence. *Land Use Policy*, 57, 204–214. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.040>.
- Pocewicz, A., Nielsen-Pincus, M., Goldberg, C. S., Johnson, M. H., Morgan, P., Force, J. E., Waits, L. P., Vierling, L. (2008). Predicting land use change : comparison of models based on landowner surveys and historical land cover trends. *Landscape Ecol*, 23, 195–210. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9159-6>.
- Porrero Rodríguez, M. A. (2001). *Incendios forestales – Investigación de causas*, Mundiprensa: Madrid, Spain (pp. 158). ISBN 9788471149541.
- Postigo-Mijarra, J. M., Génova, M., Gómez-Manzaneque, F., Martínez-García, F., Morla, C., Vegas, J., Perucha, M. A. (2017). Occurrence of continuous Holocene pinewoods (*Pinus sylvestris* L.) in the Eastern Central System (Spain) inferred from macroremains. New data from the Sandria site. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 246, 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2017.06.009>.
- Price, M. F. (2016). Mountains move up the European Agenda. *Mountain Research and Development*, 36(3), 376–379. <https://doi.org/10.1659/mrd-journal-d-16-00100.1>.
- Prichard, S. J., Stevens-Rumann, C. S., Hessburg, P. F. (2017). Tamm Review: Shifting global fire regimes: Lessons from reburns and research needs. *For. Ecol. Manag.*, 396, 217–233. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.035>.
- Puerta-Piñero, C., Espelta, J. M., Sánchez-Humanes, B., Rodrigo, A., Coll, L., & Brotons, L. (2012). History matters: Previous land use changes determine post-fire vegetation recovery in forested Mediterranean landscapes. *Forest Ecology and Management*, 279, 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.05.020>.
- Pyne, S. J., Andrews, P. L., & Laven, R. D. (1996). *Introduction to wildland fire*. New York: John Wiley and Sons (pp. 769). ISBN: 9780470360231.
- Pyne, S. J. (1997). *World Fire - The Culture of Fire on Earth*. Washington: University of Washington Press (pp. 408). ISBN: 9780295805245.
- Raftoyannis, Y., Nocentini, S., Marchi, E., Sainz, R. C., Guemes, C. G., Pilas, I., ... Lindner, M. (2014). Perceptions of forest experts on climate change and fire management in European Mediterranean forests. *IForest*, 7(1), 33–41. <https://doi.org/10.3832/ifor0817-006>.

- Raposo, L., & Santonja, M. (1995). The earliest occupation of Europe: the Iberian Peninsula. *Analecta Praehistorica Leidensia - Proceedings of the European Science Foundation Workshop at Tautavel (France), 1993 (Vol. 27, pp. 7–25)*. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/1887/27943>.
- Redman, C. L., & Kinzig, A. P. (2003). Resilience of Past Landscapes: Resilience Theory, Society, and the Longue Durée. *Conservation Ecology*, 7, 14. <https://doi.org/10.2489/63.1.6A>.
- Redman, C. L., Grove, J. M., & Kuby, L. H. (2004). Integrating social science into the Long-Term Ecological Research (LTER) Network: Social dimensions of ecological change and ecological dimensions of social change. *Ecosystems*, 7(2), 161–171. <https://doi.org/10.1007/s10021-003-0215-z>.
- Rego, F. C. (1992). Land use changes and wildfires. In A. Teller, P. Mathy, & J. N. R. Jeffers (Eds.), *Responses of Forest Ecosystems to Environmental Changes* (pp. 367–368). https://doi.org/10.1007/978-94-011-2866-7_33.
- Rego, F. C. (2001). *Florestas Públicas*. Lisboa: Ministério da Agricultura e Direcção Geral das Florestas (pp. 105). ISBN: 972-95702-6-4.
- Rego, F. C., Louro, G., Constantino, L. (2013). The impact of changing wildfire regimes on wood availability from Portuguese forests. *For. Policy Econ.*, 29, 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2012.11.010>.
- Rego, F. C., Silva, J. S. (2014). Wildfires and landscape dynamics in Portugal: A regional assessment and global implications. In J. C. Azevedo, A. H. Perera, M. A. Pinto (Eds.), *Forest Landscapes and Global Change: Challenges for Research and Management*. Springer Science+Business Media: New York, USA, pp. 51–73. ISBN 978-1-4939-0952-0.
- Rego, F. C., Bunting, S. C., Strand, E. K., & Godinho Ferreira, P. (2019). *Applied Landscape Ecology*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons (pp. 265). ISBN: 9781119368243.
- Rego, F. C., & Skulska, I. (2019). Evolução histórica do regime florestal em Portugal. In M. J. Antunes & D. Lopes (Eds.), *Florestas e Legislação: Que futuro?* (pp. 75–83). Coimbra: Instituto Jurídico - Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra. ISBN: 978-989-8891-52-5.
- Regos, A., Aquilué, N., Retana, J., de Cáceres, M., & Brotons, L. (2014). Using unplanned fires to help suppressing future large fires in Mediterranean forests. *PLoS ONE*, 9(4), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094906>.

- Regos, A., Ninyerola, M., Moré, G., Pons, X. (2015). Linking land cover dynamics with driving forces in mountain landscape of the Northwestern Iberian Peninsula. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 38, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.11.010>.
- Reuter, H. I., Nelson, A., & Jarvis, A. (2007). An evaluation of void-filling interpolation methods for SRTM data. *International Journal of Geographical Information Science*, 21(9), 983–1008. <https://doi.org/10.1080/13658810601169899>.
- Rhemtulla, J. M., & Mladenoff, D. J. (2007). Why history matters in landscape ecology. *Landscape Ecology*, 22(1), 1–3. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9163-x>.
- Ribeiro Lopes, J. A. (2008). Espacios rurales inquietos. Una contribución para el conocimiento de los terrenos comunitarios del noroeste de la Península Ibérica (Tesis de Doctorado). Universidade de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela, España.
- Ribeiro, C., Delgado, J. N. (1868). Relatório acerca da arborisação geral do paíz apresentada a sua Excellencia o Ministro das Obras Publicas, Commercio e Industria em resposta aos quesitos do Artigo 1º do Decreto de 24 de Setembro de 1867, Typographia da Academia Real das Sciencias: Lisboa, Portugal (pp. 317).
- Ricotta, C., Arianoutsou, M., Di, R., Duguay, B., Lloret, F., Maroudi, E., ... Va, A. (2001). Self-organized criticality of wildfires ecologically revisited. 141, 307–311. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00272-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00272-1).
- Riera-Mora, S., & Esteban-Amat, A. (1994). Vegetation history and human activity during the last 6000 years on the central Catalan coast (northeastern Iberian Peninsula). *Vegetation History and Archaeobotany*, 3(1), 7–23. <https://doi.org/10.1007/BF00208885>.
- Rius, D., Vannière, B., Galop, D., & Richard, H. (2011). Holocene fire regime changes from multiple-site sedimentary charcoal analyses in the Lourdes basin (Pyrenees, France). *Quaternary Science Reviews*, 30(13–14), 1696–1709. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.03.014>.
- Rius, D., Vannière, B., & Galop, D. (2012). Holocene history of fire, vegetation and land use from the central Pyrenees (France). *Quaternary Research*, 77(1), 54–64. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2011.09.009>.
- Robles-López, S., Luelmo-Lautenschlaeger, R., Pérez-Díaz, S., Abel-Schaad, D., Alba-Sánchez, F., Ruiz-Alonso, M., & López-Sáez, J. A. (2017). Vulnerabilidad y resiliencia de los pinares de alta montaña de la Sierra de Gredos (Ávila, Sistema Central): dos mil años de dinámica socioecológica. *Cuaternario y Geomorfología*, 31(3–4), 51–72. <https://doi.org/10.17735/cyg.v31i3-4.55594>.

- Robles-López, S., Pérez-Díaz, S., Ruiz-Alonso, M., Blarquez, O., Luelmo-Lautenschlaeger, R., & López-Sáez, J. A. (2019). Holocene vegetation and fire dynamics in the supra-Mediterranean belt of the Gredos Range (central Iberian Peninsula). *Plant Biosystems*, 0(0), 1–13. <https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1578281>.
- Rodrigues, M., de la Riva, J., & Fotheringham, S. (2014). Modeling the spatial variation of the explanatory factors of human-caused wildfires in Spain using geographically weighted logistic regression. *Applied Geography*, 48, 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.01.011>.
- Rodríguez Sánchez, C. M. (2015). El catálogo de montes de utilidad pública: evolución histórica, sentido actual y competencias autonómicas sobre el mismo. *Gabilex: Revista del Gabinete Jurídico de Castilla-La Mancha*, 1, 113–131.
- Rodríguez y Silva, F., & González-Cabán, A. (2010). “SINAMI”: A tool for the economic evaluation of forest fire management programs in Mediterranean ecosystems. *International Journal of Wildland Fire*, 19(7), 927–936. <https://doi.org/10.1071/WF09015>.
- Rodríguez y Silva, F., Molina Martínez, J. R., & González-Cabán, A. (2014). A methodology for determining operational priorities for prevention and suppression of wildland fires. *International Journal of Wildland Fire*, 23(4), 544–554. <https://doi.org/10.1071/WF13063>.
- Roebroeks, W., & Villa, P. (2011). On the earliest evidence for habitual use of fire in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(13), 5209–5214. <https://doi.org/10.1073/pnas.1018116108>.
- Rollins, M., Morgan, P., Swetnam, T.W. (2002). Landscape-scale controls over 20th century fire occurrence in two large Rocky Mountain (USA) wilderness areas. *Landsc. Ecol.*, 17, 539–557.
- Roos, C. I., Bowman, D., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Cochrane, M. A., Swetnam, T. W. (2014). Pyrogeography, historical ecology, and the human dimensions of fire regimes. *Journal of Biogeography* 41, 833–836. <https://doi.org/10.1111/jbi.12285>.
- Rubel, F., & Kotteck, M. (2010). Observed and projected climate shifts 1901–2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. *Meteorologische Zeitschrift*, 19(2), 135–141. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2010/0430>.
- Rubiales, J. M., García-Amorena, I., Hernández, L., Génova, M., Martínez, F., Manzanque, F. G., & Morla, C. (2010). Late Quaternary dynamics of pinewoods

- in the Iberian Mountains. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162(3), 476–491. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2009.11.008>.
- Rubiales, J. M., Morales-Molino, C., Álvarez, S. G., & García-Antón, M. (2012). Negative responses of highland pines to anthropogenic activities in inland Spain: A palaeoecological perspective. *Vegetation History and Archaeobotany*, 21(4–5), 397–412. <https://doi.org/10.1007/s00334-011-0330-2>.
- Rudel, T. K., Coomes, O. T., Moran, E., Achard, F., Angelsen, A., Xu, J., Lambin, E. (2005). Forest transitions: Towards a global understanding of land use change. *Glob. Environ. Chang.*, 15, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.11.001>.
- Ruiz Zapata, B., Andrade Olalla, A., Gil García, M. J., Dorado Valiño, M., & Atienza Ballano, M. (1996). Evolución de la vegetación en los últimos 6000 años en los sectores central y oriental del Sistema Central Español. *Revista Española de Paleontología*, N^o extraordinario, 288–298.
- Russell-Smith, J., Yates, C., Edwards, A., Allan, G. E., Cook, G. D., Cooke, P., ... Smith, R. (2003). Contemporary fire regimes of northern Australia, 1997–2001: change since Aboriginal occupancy, challenges for sustainable management. *International Journal of Wildland Fire*, 12(4), 283. <https://doi.org/10.1071/WF03015>.
- S. E. C. F. (2005). *Diccionario Forestal* (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Ed.). USA: Mundi-Prensa Libros (pp. 1336). ISBN: 9788484761891.
- Salvador, R., Lloret, F., Pons, X., & Piñol, J. (2005). Does fire occurrence modify the probability of being burned again? A null hypothesis test from Mediterranean ecosystems in NE Spain. *Ecological Modelling*, 188(2–4), 461–469. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.12.017>.
- San-Miguel-Ayanz, J., Schulte, E., Schmuck, G., Camia, A., Strobl, P., Liberta, G., ... Amatulli, G. (2012). Comprehensive monitoring of wildfires in Europe: the European forest fire information system (EFFIS). *European Commission*, 87–108. <https://doi.org/10.5772/1112>.
- San-Miguel-Ayanz, J., Moreno, J. M., & Camia, A. (2013). Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives. *Forest Ecology and Management*, 294, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.050>.
- San-Miguel-Ayanz, J., Chuvieco, E., Handmer, J., Moffat, A., Montiel-Molina, C., Sandahi, L., & Viegas, D. (2017). Climatological risk: wildfires. In K. Poljansek, M. Martin Ferrer, T. de Groot, & I. Clark (Eds.), *Science for disaster risk*

- management 2017: knowing better and losing less (pp. 294–305). <https://doi.org/10.2788/688605>.
- Santos, J. M. R. (2005). Fuentes historiográficas para el estudio e interpretación de los montes y sus aprovechamientos: su aplicación en Castilla y León (siglos XVI-XX). *Investigaciones Geográficas*, 36, 43–59.
- Santos, M., Bateira, C., Hermenegildo, C., Soares, L., Pereira, S., & Santos, P. (2013). Temporal distribution of floods and landslides in Portugal (1865-2010). *Geophysical Research Abstracts*, 15.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C., & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413, 591–596. <https://doi.org/10.1038/35098000>.
- Schmidt, L. (2008). Ambiente e políticas ambientais: escalas e desajustes. In M. V. Cabral, K. Wall, S. Aboim, & F. C. Silva (Eds.), *Itinerários: 25 anos de investigação no ICS* (pp. 285–314). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Schmuck, G., San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Libertà, G., Petroliaqkis, T., ... Schulte, E. (2015). Forest fires in Europe, Middle East and North Africa 2014. In *Scientific and Technical Research series - JRC Technical Reports*. Publications Office of the European Union (pp. 107).
- Scholz, R. W., & Binder, C. R. (2003). *The Paradigm of Human-Environment Systems*. UNS-Working paper 37, Swiss Federal Institute of Technology Zurich (pp. 15). Zurich: Natural and Social Science Interface (UNS).
- Scholz, R. W., & Binder, C. R. (2004). *Principles of Human-Environment Systems (HES) Research*. International Congress on Environmental Modelling and Software (p. 116). Retrieved from <https://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference%0AScholz>.
- Scott, A. C. (2018). *Burning Planet – The story of fire through time*. UK: Oxford University Press (pp. 256). ISBN: 9780198734840.
- Scott, A. C., & Glasspool, I. J. (2006). The diversification of Paleozoic fire systems and fluctuations in atmospheric oxygen concentration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(29), 10861–10865. <https://doi.org/10.1073/pnas.0604090103>.
- Scott, A. C., Bowman, D., Bond, W. J., Pyne, S. J., & Alexander, M. E. (2014). *Fire on Earth: An Introduction*. Wiley-Blackwell (pp. 434). ISBN: 978-1-119-95357-9.
- Sebastián-López, A., Salvador-Civil, R., Gonzalo-Jiménez, J., San-Miguel-Ayanz, J. (2008). Integration of socio-economic and environmental variables for modelling

- long-term fire danger in Southern Europe. *Eur. J. For. Res.*, 127, 149–163. <https://doi.org/10.1007/s10342-007-0191-5>.
- Seijo, F., Millington, J. D. A., Gray, R., Mateo, L. H., Sangüesa-Barreda, G., & Camarero, J. J. (2017). Divergent Fire Regimes in Two Contrasting Mediterranean Chestnut Forest Landscapes. *Human Ecology*, 45(2), 205–219. <https://doi.org/10.1007/s10745-016-9879-9>.
- Seijo, F., Millington, J. D. A., Gray, R., Sanz, V., Lozano, J., García-Serrano, F., ... Julio Camarero, J. (2015). Forgetting fire: Traditional fire knowledge in two chestnut forest ecosystems of the Iberian Peninsula and its implications for European fire management policy. *Land Use Policy*, 47, 130–144. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.03.00>.
- Serviço de Inventário Florestal e Cartografia (1981). Distribuição da Floresta em Portugal Continental – Áreas florestais por Concelhos 1980, Ministério da Agricultura e Pescas, Secretaria de Estado do Fomento Agrário – Direcção-Geral de Ordenamento e Gestão Florestal: Lisboa, Portugal.
- Shakesby, R. A. (2011). Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions. *Earth-Science Reviews*, 105(3–4), 71–100. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.01.001>.
- Silva, J. M. N., Moreno, M. V., Le Page, Y., Oom, D., Bistinas, I., Pereira, J. M. C. (2018). Spatiotemporal trends of area burnt in the Iberian Peninsula, 1975–2013. *Reg. Environ. Chang.* <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1415-6>.
- Silva, J. S., & Rego, F. C. (2007). O fogo enquanto factor natural. In J. S. Silva (Ed.), *Proteger a Floresta. Incêndios, pragas e doenças*, Coleção Ár (pp. 15–39). Lisboa, Portugal: Público/Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento/Liga para a Protecção da Natureza. ISBN: 9789896191054.
- Silva, J. S., Moreira, F., Vaz, P., Catry, F. X., & Godinho Ferreira, P. (2009). Assessing the relative fire proneness of different forest types in Portugal. *Plant Biosystems*, 143(3), 597–608. <https://doi.org/10.1080/11263500903233250>.
- Silva, J. S., Vaz, P., Moreira, F., Catry, F. X., Rego, F. C. (2010). Assessing fire-driven land use dynamics in Portugal. In *Proceedings of the VI International Conference on Forest Fire Research*, 15–18 November, Coimbra, Portugal, pp. 4.
- Silva, J. S., Rego, F. C., Fernandes, P. M., & Rigolot, E. (2010a). Towards Integrated Fire Management - Outcomes of the European Project Fire Paradox. Finland: European Forest Institute (pp. 244). ISBN: 970-952-5453-48-5.
- Silva, J. S., Rego, F. C., Fernandes, P., & Rigolot, E. (2010b). Solving the Fire Paradox – Regulating the wildfire problem by the wise use of fire. In *Towards Integrated*

- Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox. Finland: European Forest Institute (pp. 219-228). ISBN: 970-952-5453-48-5.
- Silva, J. S., Vaz, P., Moreira, F., Catry, F. X., & Rego, F. C. (2011). Wildfires as a major driver of landscape dynamics in three fire-prone areas of Portugal. *Landscape and Urban Planning*, 101(4), 349–358. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.001>.
- Skulska, I., Duarte, I., Rego, F. C., & Montiel-Molina, C. (2019). Relationship between wildfire trends, property types and protection status in mainland Portuguese forest areas. *Small-Scale Forestry*, in review.
- Smith, A. M. S., Kolden, C. A., Paveglio, T. B., Cochrane, M. A., Bowman, D., Moritz, M. A., ... Abatzoglou, J. T. (2016). The Science of Firescapes: Achieving Fire-Resilient Communities. *BioScience*, 66(2), 130–146. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv182>.
- Soares da Silva, D., & Figueiredo, E. (2013). A Política do Rural na Política em Portugal-Quão novos são os novos desafios da estratégia Europa 2020 para o mundo rural? Retrieved from http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/nrp/nrp_portugal_en.pdf.
- Sommers, W. T., Coloff, S. G., & Conard, S. G. (2011). Fire History and Climate Change - The View from Ecosystems. In *Synthesis of knowledge: Fire history and climate change*. JFSP Synthesis Reports (pp. 69–163). Retrieved from http://www.firescience.gov/JFSP_fire_history.cfm.
- Stambaugh, M. C., Marschall, J. M., Abadir, E. R., Jones, B. C., Brose, P. H., Dey, D. C., & Guyette, R. P. (2019). Successful hard pine regeneration and survival through repeated burning: An applied historical ecology approach. *Forest Ecology and Management*, 437(January), 246–252. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.01.012>.
- Stellmes, M., Röder, A., Udelhoven, T., & Hill, J. (2013). Mapping syndromes of land change in Spain with remote sensing time series, demographic and climatic data. *Land Use Policy*, 30(1), 685–702. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.05.007>.
- Stevens-Rumann, C. S., Prichard, S. J., Strand, E. K., & Morgan, P. (2016). Prior wildfires influence burn severity of subsequent large fires. *Canadian Journal of Forest Research*, 46(11), 1375–1385. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0185>.
- Stojanovic, T., McNae, H. M., Tett, P., Potts, T. W., Reis, J., Smith, H. D., & Dillingham, I. (2016). The “social” aspect of social-ecological systems: A critique of analytical frameworks and findings from a multisite study of coastal sustainability. *Ecology and Society*, 21(3). <https://doi.org/10.5751/ES-08633-210315>.
- Sugihara, N. G., Van Wagtenonk, J. W., Fites-Kaufman, J., Shaffer, K. E., & Thode, A. E. (2006). *Fire in California’s Ecosystems*. Berkeley: University of California Press. (pp. 583). ISBN: 9780520246058.

- Syphard, A. D., & Keeley, J. E. (2016). Historical reconstructions of California wildfires vary by data source. *International Journal of Wildland Fire*, 25(12), 1221. <https://doi.org/10.1071/wf16050>.
- Syphard, A. D., Keeley, J. E., Pfaff, A. H., & Ferschweiler, K. (2017). Human presence diminishes the importance of climate in driving fire activity across the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 14, 13750–13755. <https://doi.org/10.1073/pnas.1713885114>.
- Syphard, A. D., Radeloff, V. C., Keeley, J. E., Hawbaker, T. J., Clayton, M. K., Stewart, S. I., & Hammer, R. B. (2007). Human influence on California fire regimes. *Ecological Applications*, 17(5), 1388–1402. <https://doi.org/10.1890/06-1128.1>.
- Szabó, P. (2010). Why history matters in ecology: an interdisciplinary perspective. *Environmental Conservation*, 37(04), 380–387. <https://doi.org/10.1017/S0376892910000718>.
- Tan, Z., Mao, L., Han, Y., Mo, D., Gu, H., Liu, Z., ... An, Z. (2018). Black carbon and charcoal records of fire and human land use over the past 1300 years at the Tongguan Kiln archaeological site, China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 504, 162–169. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.05.022>.
- Taylor, A. H., & Skinner, C. N. (1998). Fire history and landscape dynamics in a late-successional reserve, Klamath Mountains, California, USA. *Forest Ecology and Management*, 111(2–3), 285–301. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00342-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00342-9).
- Tedim, F., & Carvalho, S. (2012). Characteristics of forest fires data bases to improve risk management: some reflections on the Portuguese experience. In R. Efe, M. Ozturk, & S. Ghazanfar (Eds.), *Environment and Ecology in the Mediterranean Region* (pp. 29–45). Cambridge, UK: Cambridge Scholars Publishing. ISBN: 9781443838030.
- Tedim, F., & Paton, D. (2012). *A Dimensão Social dos Incêndios Florestais, Para Uma Gestão Integrada e Sustentável*. Porto: Estratégias Criativas (pp. 192). ISBN: 9789898459107.
- Tedim, F., Remelgado, R., Borges, C., Carvalho, S., & Martins, J. (2013). Exploring the occurrence of mega-fires in Portugal. *Forest Ecology and Management*, 294, 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.031>.
- Tedim, F., Xanthopoulos, G., & Leone, V. (2014). Forest fires in Europe: Facts and challenges. In D. Paton (Ed.), *Wildfire Hazards, Risks, and Disasters* (pp. 77–99). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410434-1.00005-1>.

- Tolón Becerra, A., Lastra Bravo, X.B. (2007). Evolución del desarrollo rural en Europa y en España: las áreas rurales de metodología LEADER. *M+A, Revista Electrónica de Medioambiente* 4, 35-62.
- Tomppo, E., Gschwantner, T., Lawrence, M., McRoberts, R.E. (2010). *National Forest Inventories: Pathways for Common Reporting*, Springer Science+Business Media, B.V.: Dordrecht, The Netherlands, ISBN: 9789048132324.
- Torres, I., Pérez, B., Quesada, J., Viedma, O., & Moreno, J. M. (2016). Forest shifts induced by fire and management legacies in a *Pinus pinaster* woodland. *Forest Ecology and Management*, 361, 309–317. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.11.027>.
- Torres, J. (2013). Patterns and drivers of wildfire occurrence and post-fire vegetation resilience across scales in Portugal (Tese de Doutoramento). Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Porto, Portugal.
- Turco, M., Bedia, J., di Liberto, F., Fiorucci, P., Von Hardenberg, J., Koutsias, N., Provenzale, A. 2016. Decreasing fires in Mediterranean Europe. *PLoS ONE* 11 (3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150663>.
- Turco, M., Herrera, S., Tourigny, E., Chuvieco, E., & Provenzale, A. (2019). A comparison of remotely-sensed and inventory datasets for burned area in Mediterranean Europe. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 82(June), 101887. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.05.020>.
- Turner II, B., Meyer, W. B., Skole, D. L. (1994). Global land-use/land-cover change: Towards an integrated study. *Integr. Earth Syst. Sci.*, 23, 91–95. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/4314168>.
- Turner, M. G., Romme, W. H., Gardner, R. H., O'Neill, R. V., & Kratz, T. K. (1993). A revised concept of landscape equilibrium: Disturbance and stability on scaled landscapes. *Landscape Ecology*, 8(3), 213–227. <https://doi.org/10.1007/BF00125352>.
- UNAP-JCCM Unidad de Análisis y Planificación del Centro Operativo Regional para la lucha contra incendios forestales, Junta de Castilla-La Mancha, Personal communication: Dirección Provincial de la Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Guadalajara, Guadalajara, Spain, 12 July 2016.
- UNESCO World Heritage Centre (2008). Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention. Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention, 167. Retrieved from <http://whc.unesco.org/archive/opguide08-en.pdf>.

- Urbieto, I. R., Franquesa, M., Viedma, O., & Moreno, J. M. (2019). Fire activity and burned forest lands decreased during the last three decades in Spain. *Annals of Forest Science*, 76(90), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0874-3>.
- Urios Moliner, J. I. (2004). Análisis del régimen de incendios forestales en los montes de Portaceli durante el siglo XX (Serra, Valencia). *Cuad. de Geogr*, 76, 219–238.
- Vadell, E., de Miguel, S., & Pemán, J. (2016). Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: A historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics. *Land Use Policy*, 55, 37–48. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.017>.
- Valls, P., Jakešová, L., Vallés, M., & Galiana, F. (2012). Sustainability of Mediterranean Spanish forest management through stakeholder views. *European Countryside*, 4(4), 269–282. <https://doi.org/10.2478/v10091-012-0028-1>.
- van Den Brink, L. M., & Janssen, C. R. (1985). The effect of human activities during cultural phases on the development of montane vegetation in the Serra de Estrela, Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 44, 193–215. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(85\)90016-8](https://doi.org/10.1016/0034-6667(85)90016-8).
- van der Knaap, W. O., & van Leeuwen, J. F. N. (1995). Holocene vegetation succession and degradation as responses to climatic change and human activity in the Serra de Estrela, Portugal. *Review of Paleobotany and Palynology*, 89, 153–211. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(95\)00048-0](https://doi.org/10.1016/0034-6667(95)00048-0).
- van der Knaap, W. O., & van Leeuwen, J. F. N. (1997). Late Glacial and early Holocene vegetation succession, altitudinal vegetation zonation, and climatic change in the Serra da Estrela, Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 97(3–4), 239–285. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(97\)00008-0](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(97)00008-0).
- van der Werf, G. R., Randerson, J. T., Giglio, L., Van Leeuwen, T. T., Chen, Y., Rogers, B. M., ... Kasibhatla, P. S. (2017). Global fire emissions estimates during 1997–2016. *Earth System Science Data*, 9(2), 697–720. <https://doi.org/10.5194/essd-9-697-2017>.
- van Horne, M. L., & Fulé, P. Z. (2006). Comparing methods of reconstructing fire history using fire scars in a southwestern United States ponderosa pine forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(4), 855–867. <https://doi.org/10.1139/X05-289>.
- Vannièrè, B., Colombaroli, D., Chapron, E., Leroux, A., Tinner, W., & Magny, M. (2008). Climate versus human-driven fire regimes in Mediterranean landscapes: the Holocene record of Lago dell'Accesa (Tuscany, Italy). *Quaternary Science Reviews*, 27(11–12), 1181–1196. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.02.011>.
- Varnhagen, F. L. G. (1836). *Manual de instruções praticas sobre a sementeira, cultura e corte dos pinheiros, e conservação da madeira dos mesmos, indicando-se os*

- metodos mais proprios para o clima de Portugal. Lisboa: Typografia da Academia (pp. 101).
- Vázquez, A., & Moreno, J. M. (2001). Spatial distribution of forest fires in Sierra de Gredos (Central Spain). *Forest Ecology and Management*, 147(1), 55–65. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00436-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00436-9).
- Vega Hidalgo, J. A. (2003). Regeneración del género *Pinus* tras incendios. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For*, 15, 59–68.
- Vélez Muñoz, R. (1986). Incendios forestales y su relación con el medio rural. *Rev. Estud. Agro-sociales*, 136, 195–224.
- Vélez Muñoz, R. (2009). La defensa contra incendios forestales - Fundamentos y experiencias. McGraw-Hill/Interamericana de España (pp. 866). ISBN: 9788448168919.
- Verdú, F., Salas, J., Vega-García, C. (2012). A multivariate analysis of biophysical factors and forest fires in Spain, 1991-2005. *Int. J. Wildland Fire*, 21, 498. <https://doi.org/10.1071/wf11100>.
- Verdú, M., & Pausas, J. G. (2007). Fire drives phylogenetic clustering in Mediterranean Basin woody plant communities. *Journal of Ecology*, 95(6), 1316–1323. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01300.x>.
- Verdú, M., Pausas, J. G., Segarra-Moragues, J. G., & Ojeda, F. (2007). Burning phylogenies: Fire, molecular evolutionary rates, and diversification. *Evolution*, 61(9), 2195–2204. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2007.00187.x>.
- Viedma, O., Moreno, J. M., & Rieiro, I. (2006). Interactions between land use/land cover change, forest fires and landscape structure in Sierra de Gredos (Central Spain). *Environmental Conservation*, 33, 212–222. <https://doi.org/10.1017/s0376892906003122>.
- Viedma, O., Angeler, D. G., & Moreno, J. M. (2009). Landscape structural features control fire size in a Mediterranean forested area of central Spain. *International Journal of Wildland Fire*, 18(5), 575–583. <https://doi.org/10.1071/WF08030>.
- Viedma, O., Moity, N., & Moreno, J. M. (2015). Changes in landscape fire-hazard during the second half of the 20th century: Agriculture abandonment and the changing role of driving factors. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 207, 126–140. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.04.011>.
- Viedma, O., Urbieta, I. R., Moreno, J. M. (2018). Wildfires and the role of their drivers are changing over time in a large rural area of west-central Spain. *Sci. Rep.*, 8, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36134-4>.

- Vieira, G., Jansen, J., & Ferreira, N. (2005). Environmental setting of the Serra da Estrela, Portugal: a short-note. In T. P. Correia, R. G. H. Bunce, & D. C. Howard (Eds.), *Landscape ecology and management of Atlantic mountains* (IALE Publi, Vol. 102, pp. 1–12). UK: IALE. ISBN: 0954713001.
- Vieira, G. (2008). Combined numerical and geomorphological reconstruction of the Serra da Estrela plateau icefield, Portugal. *Geomorphology*, 97(1–2), 190–207. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.02.042>.
- Vijayakumar, D. B. I. P., Raulier, F., Bernier, P. Y., Gauthier, S., Bergeron, Y., & Pothier, D. (2015). Lengthening the historical records of fire history over large areas of boreal forest in eastern Canada using empirical relationships. *Forest Ecology and Management*, 347, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.011>.
- Vilar, L., Camia, A., & San-Miguel-Ayanz, J. (2015). A comparison of remote sensing products and forest fire statistics for improving fire information in Mediterranean Europe. *European Journal of Remote Sensing*, 48(August), 345–364. <https://doi.org/10.5721/EuJRS20154820>.
- Vilar, L., Camia, A., San-Miguel-Ayanz, J., & Martín, M. P. (2016). Modeling temporal changes in human caused wildfires in Mediterranean Europe based on land use-land cover interfaces. *Forest Ecology and Management*, 378, 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.020>.
- Villmow, J. (1962). Regional pattern of Climates in Europe according to the Thornthwaite classification. *The Ohio Journal of Science*, 62, 39–53.
- Wang, X., Peng, P. A., & Ding, Z. L. (2005). Black carbon records in Chinese Loess Plateau over the last two glacial cycles and implications for paleofires. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223(1–2), 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.03.023>.
- Watson, R. T., Noble, I. R., Bolib, B., Ravindranath, N. H., Verardo, D. J., Dokken, D. J. Land use, Land-use change and forestry: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2000, Summary for Policy Makers. Cambridge University Press: London, UK, 2000 (pp. 30).
- Whitehair, L., Fulé, P. Z., Meador, A. S., Azpeleta Tarancón, A., & Kim, Y. S. (2018). Fire regime on a cultural landscape: Navajo Nation. *Ecology and Evolution*, 8(19), 9848–9858. <https://doi.org/10.1002/ece3.4470>.
- Whitlock, C., & Bartlein, P. J. (2003). Holocene fire activity as a record of past environmental change. *Developments in Quaternary Science*, 1, 479–490. [https://doi.org/10.1016/S1571-0866\(03\)01022-4](https://doi.org/10.1016/S1571-0866(03)01022-4).

- Whitlock, C., & Larsen, C. (2002). Charcoal as a Fire Proxy. *3*, 75–97. https://doi.org/10.1007/0-306-47668-1_5.
- Whitlock, C., Shafer, S. L., & Marlon, J. (2003). The role of climate and vegetation change in shaping past and future fire regimes in the northwestern US and the implications for ecosystem management. *Forest Ecology and Management*, *178*(1–2), 5–21. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00051-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00051-3).
- Wilbanks, T. J., & Kates, R. W. (1999). Global change in local places: How scale matters. *Climatic Change*, *43*(3), 601–628. <https://doi.org/10.1023/A:1005418924748>.
- Williams, R. J., Bradstock, R. A., Cary, G. J., Enright, N. J., Gill M., A., Leidloff, A. C., ... York, A. (2009). Interactions between climate change, fire regimes and biodiversity in Australia - a preliminary assessment. Report to the Department of Climate Change and Department of the Environment, Heritage and Arts, Canberra, Australia, 17, pp. 196.
- World Heritage Committee UNESCO (1972). Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage. Santa Fe, USA.
- Wrangham, R. (2017). Control of Fire in the Paleolithic: Evaluating the Cooking Hypothesis. *Current Anthropology*, *58*(S16), S303–S313. <https://doi.org/10.1086/692113>.
- Wu, T., & Kim, Y. S. (2013). Pricing ecosystem resilience in frequent-fire ponderosa pine forests. *Forest Policy and Economics*, *27*, 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2012.11.002>.
- Xanthopoulos, G., Calfapietra, C., & Fernandes, P. (2012). Fire Hazard and Flammability of European Forest Types. In F. Moreira, M. Arianoutsou, P. Corona, & J. de las Heras (Eds.), *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests, Managing Forest Ecosystems* (pp. 79–92). <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2208-8>.
- Zêzere, J. L., Pereira, S., Quaresma, I., Santos, P., & Santos, M. (2013). Hydrogeomorphological disasters in Portugal in the period of 1865-2010. In *Actas do VI Congresso Nacional de Geomorfologia*, 124–127. Coimbra. ISBN: 9789899646247.
- Zumbrunnen, T., Bugmann, H., Conedera, M., & Bürgi, M. (2009). Linking Forest Fire Regimes and Climate—A historical analysis in a dry inner alpine valley. *Ecosystems*, *12*(1), 73–86. <https://doi.org/10.1007/s10021-008-9207-3>.
- Zumbrunnen, T., Pezzatti, G. B., Menéndez, P., Bugmann, H., Bürgi, M., & Conedera, M. (2011). Weather and human impacts on forest fires: 100 years of fire history in two climatic regions of Switzerland. *Forest Ecology and Management*, *261*(12), 2188–2199. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.10.009>.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Zumbrunnen, T., Menéndez, P., Bugmann, H., Conedera, M., Gimmi, U., & Bürgi, M. (2012). Human impacts on fire occurrence: a case study of hundred years of forest fires in a dry alpine valley in Switzerland. *Regional Environmental Change*, 12(4), 935–949. <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0307-4>.

8.2 FUENTES DOCUMENTALES HISTÓRICAS

8.2.1 Portugal

1 Biblioteca Nacional Portuguesa

- 1.1 Jornal do Fundão (1949–1999)
- 1.2 Jornal Estrela da Beira (1866–1937)
- 1.3 Jornal Noticias de Manteigas (1933–1980)

2 Ministerio de Agricultura

- 2.1 Boletins da Direcção Geral de Agricultura (1897–1899)

3 Torre do Tombo

- 3.1 Memórias Paroquiais, Guarda, Manteigas, Vol. 22, nº50, p. 319–332 (1758) – PT-TT-MPRQ-22-50
- 3.2 Concessão de subsidio à Câmara Municipal de Manteigas (1927) – Caja 308
- 3.3 Câmara Municipal de Manteigas (1942) – Cota Ministério do Interior, Direcção Geral da Administração Política e Civil, Processo Z-3/4, Nt 1886 (Inc. 2002)
- 3.4 Ecos de Manteigas (1953–1971) – Cota Secretariado Nacional de Informação, Censura, Caja 737
- 3.5 Parecer da Câmara Corporativa sobre as rectificações aos mapas do Plano do Povoamento Florestal (1939) – Cota Secretaria-Geral da Presidência do Conselho de Ministros, Gabinete do Presidente, Caja 7, Proc. 193/4, nº3
- 3.6 Documentos relativos a um diploma legal sobre o Regime Florestal (1942–1943) – Cota Secretaria-Geral da Presidência do Conselho de Ministros, Gabinete do Presidente, Caja 78, Proc. 596/44, nº5
- 3.7 Fotografias do Repovoamento Florestal – Cota Secretariado Nacional de Informação, Caja 3374
- 3.8 Carta manuscrita enviada por Azevedo Gomes para Tito de Moraes, com envio de artigo sobre Política Florestal, possivelmente para o jornal Portugal Socialista (1981) – Cota Caixote XVII/Pasta I/Doc LXXXIII
- 3.9 Ofícios enviando a lei sobre o povoamento florestal, recebidos e expedidos entre o chefe de secretaria da presidência do conselho e o chefe de gabinete do ministro da agricultura (1938) – Cota Secretaria-Geral da Presidência do Conselho de Ministros, Caja 26, Proc. 22/13, nº10
- 3.10 Sociedade de Ciências Agronómicas de Portugal. Memória acerca do fomento florestal (1954) – Cota Secretaria-Geral da Presidência do Conselho Oliveira Salazar/Marcelo Caetano, Caja 59, Pasta 1/A-17, nº6
- 3.11 Ao Concelho de Manteigas, Privilégio para que na dita Vila e seu termo não haja maninhos e para que seja revelada a setença proferida outrora por Pero Anes Brandão contra o dito Concelho (1499) – Cota Chancelaria de D. Manuel I, Liv.16, Fl. 102
- 3.12 Diligência que por ordem do Rei se fez nas vilas de Manteigas, Valhelhas, Penamacor, Idanha-a-Velha, Monsanto, Salvaterra da Beira, Rosmaninha, Proença, Castelo Branco, S. Vicente da Beira, Covilhã, Belmonte e Sortelha para averiguação dos seus Senhorios, donatários, alcaidarias-mores, direitos e número de moradores (1496)

- 4 **Arquivo del ICNF – Lisboa**
 - 4.1 Fichas de incendio, Administração de Manteigas (1943–1981)
- 5 **Arquivo del ICNF–Évora**
 - 5.1 Autos de ocorrência de incêndio, Circunscrição Florestal de Viseu, Cartas do Eng. Silvicultor responsável ao Director Geral da Fazenda Pública (1954–1963) – Caja 16741–16745 (CL–18)
 - 5.2 Jornadas Florestais (1960) – Caja 16685
- 6 **Hemeroteca Municipal de Lisboa**
 - 6.1 Jornal Ecos de Manteigas (1953–1971) – Cota B.M.L. J.78
- 7 **Arquivo Municipal de Manteigas**
 - 7.1 Actas municipais (1590–1975)
 - 7.2 Rol de gado (1731-1843), Manifesto do gado de lâ (1801–1843) – Caja Controlo de actividades económicas – Pecuária
 - 7.3 Leis, Ordens e Privilégios (1425, 1461, 1511, 1757, 1852) – Caja 1099
 - 7.4 Regulamentos e posturas municipais (1858–1899, 1915, 1920–1936)
 - 7.5 Contencioso fiscal, registo de transgressões das posturas (1946–1978) – Caja 0772
 - 7.6 Arrematações (1872–1968) – Caja 0909
 - 7.7 Planta da Vila de Manteigas 1922

8.2.2 España

- 8 **Archivo Histórico Nacional (AHN)**
 - 8.1 Diversos, Mesta, Ejecutorias y Sentencias (sentencia del señalamiento de la cañada y paso de los ganados del consejo de la mesta para el término del lugar de Majaelrayo), 1499 – Legajo 117, nº20-21, Majaelrayo, GU1499-IX-24P-R
 - 8.2 Diversos, Mesta, Privilegios, Previsión real de Enrique III – Legajo 237, nº23, 1395-IV-7
 - 8.3 Mesta, Privilegios, Inventarios de la Mesta – Libro 12-1, Legajos 282-283, Libro 363, 373, 375, 377, 394, 395
 - 8.4 Diversos, Mesta, Cantalojas, 1837 – Legajo 557, nº14, Microfilme, pos.5416
 - 8.5 Diversos, Mesta, Presupuestos anuales, 1844-1849 – Legajo 558, nº37, Microfilme, pos.5417
 - 8.6 Antecedentes vias pecuárias (1865-1926), Guadalajara, Cantalojas 1923 – Legajo 670, nº1, C-CH
 - 8.7 Expedientes sobre multas a pastores abusivos de la Provincia de Guadalajara (1898-1899) – Legajo 772, nº3
 - 8.8 Expediente ganado Provincia de Guadalajara, 1912 – Legajo 774, nº8
 - 8.9 Expediente enajenación de montes Provincia Guadalajara, 1917 – Legajo 776, nº18
 - 8.10 Vias pecuárias, Majaelrayo, 1870 – Legajo 912, nº6
 - 8.11 Expediente sobre la Provincia de Guadalajara, Juntas Comisión Permanente, Juntas Provinciales – Legajo 923, nº4
 - 8.12 Vias pecuárias Campillo de Ranas, Cantalojas, El Cardoso de la Sierra, Galve de Sorbe, La Huerce, (1853-1934) – Legajo 984, nº15, 18, 21, Legajo 985, nº 21, 37

- 8.13 Expedientes relativos al tanto por ciento de mortalidad del ganado caballar, vacuno, lanar, cabrío y cerdo, para las distintas provincias españolas según el propietario y resúmenes por Provincia, 1915 – Legajo 1067, nº16
- 8.14 Aprovechamientos de vías pecuárias (1873-1957) – Legajo 1135, nº2, Legajo 1139, nº2, Legajo 1231, Legajo 1234, nº1-2, Legajo 1307, nº2, Legajo 1454, nº1, Legajo 1456, nº2, Legajo 1135/2
- 8.15 Mancomunidad de pastos de la Provincia de Guadalajara y venta de terrenos (1847-1851) – Legajo 1529
- 9 Archivo Guardia Civil**
- 9.1 Memorias comandancias Guardia Civil digitalizadas, Provincia de Guadalajara (1844-1968, 1973-2014)
- 10 Archivo Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente**
- 10.1 Partes de mensuales de incendio del Distrito de Guadalajara (1874–1914) – Caja 256–368
- 11 Archivo Histórico Provincial de Guadalajara (AHPG)**
- 11.1 Fondo Agricultura (AG)
- 11.1.1 Distrito Forestal Correspondencia, Documentos de apoyo informativo, etc sobre incendios (1963-1971) – AG2834
- 11.1.2 Propuestas sobre vigilancia de incendios, circulares, correspondencia, estadística forestal (1956-71) – AG275
- 11.1.3 Memoria del Estado de Forestación de las carreteras de Guadalajara (1952) – AG1314
- 11.1.4 Expedientes de aprovechamientos forestales circunstanciales en montes (1981-83) – AG1655
- 11.1.5 Incendios (Correspondencia, Circulares informativas) (1951-73) – AG2906
- 11.1.6 Propuestas, Avances para la programación de inversiones contra incendios, Correspondencia – 1967-1971 – AG2907
- 11.1.7 Incendios (Correspondencia de juzgado de primera instancia; Partes de incendios) (1972-82) – AG2908
- 11.1.8 Catalogo Montes UP (1931-74) – AG2908
- 11.1.9 Varios (expropiaciones y ocupaciones) (1951-71) – AG2949
- 11.1.10 Solicitaciones de aprovechamientos (1963-1969), Campillo de Ranas, El Cardoso de la Sierra y Valverde de los Arroyos – AG1409
- 11.1.11 Solicitaciones de aprovechamientos (1970-1972), Galve de Sorbe, La Huerce y El Cardoso de la Sierra – AG1411
- 11.1.12 Solicitaciones de aprovechamientos (1970-1972), El Cardoso de la Sierra y Campillo de Ranas – AG1412
- 11.1.13 Solicitaciones de aprovechamientos (1972-1973), La Huerce y Galve de Sorbe – AG1413
- 11.1.14 Solicitaciones de aprovechamientos (1972-1973), La Huerce, El Cardoso de la Sierra, y Campillo de Ranas – AG1415
- 11.1.15 Solicitaciones de aprovechamientos (1973-1974), Campillo de Ranas y Majaelrayo – AG1416

- 11.1.16 Solicitaciones de aprovechamientos (1974-1975), Campillo de Ranas y El Cardoso de la Sierra – AG1420
- 11.1.17 Aprovechamientos forestales en montes particulares – Año 1984, maderas, Galve de Sorbe – AG1435
- 11.1.18 Aprovechamientos forestales en montes particulares – Año 1985, maderas y leñas, Campillo de Ranas, Majaelrayo y La Huerce – AG1436
- 11.1.19 Aprovechamientos montes 1976, El Cardoso de la Sierra – AG1424
- 11.1.20 Aprovechamientos forestales en montes particulares (1976-1977), El Cardoso de la Sierra y La Huerce – AG1426
- 11.1.21 Aprovechamientos forestales en montes particulares – Maderas y leñas fincas particulares 1977, El Cardoso de la Sierra, Majaelrayo y La Huerce – AG1428
- 11.1.22 Aprovechamientos forestales en montes particulares – Maderas y leñas fincas particulares 1979, Campillo de Ranas – AG1429
- 11.1.23 Aprovechamientos forestales en montes particulares – Maderas resinas y leñas fincas particulares 1980, El Cardoso de la Sierra, Campillo de Ranas y La Huerce – AG1430
- 11.1.24 aprovechamientos forestales en montes particulares – Maderas resinas y leñas - fincas particulares, Año 1982, Galve de Sorbe y El Cardoso de la Sierra – AG1432
- 11.1.25 Aprovechamientos forestales en montes particulares, propiedad de la unión resinera española, S. A. – 1961-1976 (Incluye planes anuales de aprovechamiento) Maderas y leñas.; Certificaciones sobre aprovechamientos privados 1955-1971; Expedientes aprovechamientos montes particulares – transformaciones de cultivo, roturaciones, etc. Años 1952-1975, La Huerce y Valverde de los Arroyos – AG1522
- 11.1.26 Aprovechamientos forestales en montes públicos 1977, Provincia de Guadalajara – AG1126
- 11.1.27 ICONA. Aprovechamientos forestales en montes públicos 1982 – 3ª Brigada – AG1186
- 11.1.28 Aprovechamientos forestales en montes públicos 1984 – 3ª Brigada – Albendiego – Casa de Uceda – AG1201
- 11.1.29 Aprovechamientos forestales en montes públicos 1984 – 3ª Brigada – Condemios de Abajo - Villacadima – AG1201
- 11.1.30 ICONA. Aprovechamientos forestales en montes públicos 1983 – 3ª Brigada – AG1220
- 11.1.31 ICONA. Aprovechamientos forestales en montes públicos 1981 – 3ª Brigada – AG1171
- 11.1.32 ICONA. Aprovechamientos forestales en montes públicos 1983 – Montes Consorciados – AG1228
- 11.1.33 ICONA. Aprovechamientos forestales en montes públicos 1965-1980 – Montes Consorciados – AG1332, AG1333, AG1338, AG1339, AG1349, AG1351, AG1354, AG1355, AG1356 AG1359, AG1363, AG1364, AG1378, AG1379, AG1380, AG1381, AG1388, AG1389, AG1398, AG1399, AG1403, AG1404, AG1407
- 11.1.34 Plan anual de aprovechamientos forestales en montes del estado – Aprovechamientos en fincas de propiedad particular – Licencias de

- crecimiento lento y rápido, 1985-1986, La Huerce, El Cardoso de la Sierra y Campillo de Ranas – AG1448, AG1449, AG1450, AG1454, AG1455, AG1456, AG1457, AG1459
- 11.1.35 Declaraciones juradas de montes privados, Campillo de Ranas, Cantalojas, El Cardoso de la Sierra, Galve de Sorbe, La Huerce y Valverde de los Arroyos – AG1467, AG1470, AG1471, AG1472, AG1481
- 11.1.36 Expedientes de denuncias en montes (1969-1978) – AG1505, AG1506, AG1508, AG1509
- 11.1.37 Plan anual de aprovechamientos de montes del estado (1970-1982), montes ordenados y no ordenados – AG1487, AG1488, AG1490, AG1491, AG1492, AG1493, AG1494, AG1495
- 11.1.38 Plan anual de aprovechamientos y mejoras (1971-1972) – AG1489
- 11.1.39 Memorias de ejecución – Montes publicos (1960-1983) – AG1498, AG1499, AG1500, AG1501, AG1502, AG1503, AG1504, AG1632
- 11.1.40 Memorias de ejecución – Montes de propiedad particular (1956-1957) – AG1645
- 11.1.41 Licencias de Aprovechamiento Patrimonial: Montes del Estado y Consorciados (1969-1984) – AG1642
- 11.1.42 Fichas Montes Particulares (1939-1971) – AG1644
- 11.1.43 Expedientes sancionadores 1982-1990, Secretaría Provincial, Sección de Régimen Jurídico – AG2024, AG2025, AG2027, AG2028, AG2029, AG2030, AG2031, AG2032, AG2035, AG2037, AG2038
- 11.1.44 Expedientes sancionadores incendios forestales, 1991 – Secretaría Provincial, Sección de Régimen Jurídico – AG2054
- 11.1.45 Aprovechamientos circunstanciales por incendio en montes del estado, 1980-1983 – AG1654, AG1655
- 11.1.46 Libros registro denuncias de aprovechamiento en montes publicos y privados (1950-1968) – AG1698
- 11.1.47 Libros de aprovechamientos en montes de utilidad publica (1959-1976) – AG1699, AG1700
- 11.1.48 Libros de Aprovechamientos en Fincas Particulares (1968-1985) – AG1701
- 11.1.49 Propuestas de repoblación forestal, Ministerio de Agricultura, Subdirección del patrimonio forestal del estado (1947-1985) – AG1547, AG1300, AG2952, AG1600, AG1610, AG1599, AG1294, AG1311, AG1301, AG1302, AG1304, AG1305, AG1307, AG1303, AG1297, AG1298
- 11.1.50 Relación numerada de los montes de propiedad particular existentes en esta provincia con indicación del propietario, sup total, especie principal, sup poblada, espesura, repob y aprovech realizados desde el año 1938 (1953) – AG1645
- 11.1.51 Propuestas de mejoras: Propuesta de construcción y conservación de vías de saca; Propuesta para trabajos de incremento de la producción; Propuesta para construcción de un puesto de vigilancia; Propuesta para vigilancia de incendios; Propuesta trabajos culturales de ayuda a la regeneración natural, plantaciones (1967-1968) – AG1550, AG1551, AG1597
- 11.1.52 Aprovechamientos forestales en montes públicos – 3ª Brigada, 1985 – AG2297, AG2303, AG2304
- 11.1.53 Aprovechamientos forestales en montes consorciados, 1985 – AG2301

- 11.1.54 Aprovechamientos forestales en montes propios, 1985 – AG2302
- 11.1.55 Licencias de aprovechamientos maderas leñas y pastos, 1985-1990, estadísticas forestales – AG2306, AG2307, AG2316, AG2317, AG2324, AG2325, AG2327, AG2329, AG2350, AG2352, AG2372, AG2373, AG2388, AG2389, AG2403, AG2405
- 11.1.56 Patrimonio Forestal, Varios (1951-1971), Carta del jefe provincial del ICONA al Gobernador Civil de la Provincia, relativa a la declaración de Utilidad Pública e inclusión en el Catálogo de montes – AG2949
- 11.1.57 Lista de ayuntamientos suprimidos – AG2951
- 11.1.58 Montes a cargo de este servicio provincial en Guadalajara – AG2967
- 11.1.59 Expediente de litigio por un monte nº9 del CUP de 1861 (1888-1985), Exclusion del catálogo e inclusión a favor de la comunidad de Ayllón – AG1248
- 11.2 Fondo Gobierno Civil (GC)
 - 11.2.1 Policía de Orden, Infracciones a la Ley de Montes – CG2742, GC2777
- 11.3 Fondo Justicia (J)
 - 11.3.1 Causa criminal sobre incendio en los pajares de una propiedad en Campillo de Ranas, 1918 – J364
 - 11.3.2 Audiencia Provincial de Guadalajara, Inhibición a favor del Tribunal Tutelar de Menores, Delito Incendio, Cantalojas, 1941 – J1195
 - 11.3.3 Juzgado de Instrucción de Cogolludo, Delito Incendio, finca particular, El Cardoso de la Sierra, 1954 – J417
 - 11.3.4 Juzgado Delito Incendio Pueblo Robleluengo, agregado de Campillo de Ranas, 1932 – J394
- 11.4 Fondo Protocolos Notariales (P)
 - 11.4.1 Auto de oficio contra los que resulten culpables de un incendio, 1722 – P4115/37
 - 11.4.2 Auto de oficio contra los que resulten culpables de un incendio, 1733 – P4116/10

12 Archivo Dirección Provincial de Guadalajara

- 12.1 Partes de incendio forestales y notificaciones de incendio sin parte, Galve de Sorbe, Cantalojas, Campillo de Ranas, La Huerce, El Cardoso de la Sierra, Valverde de los Arroyos, Majaelrayo, Valdepinillos, Villacadima, (1975-1989) – Cajas 2890–2893, Cajas 2887–2889
- 12.2 Partes de incendios forestales 1998–1999, 2004–2005, 2007, El Cardoso de la Sierra, Campillo de Ranas, Majaelrayo, Galve de Sorbe, Cantalojas – Caja 7327, Cajas 7337–7338, Cajas MA–1322–1325, Caja AG3884
- 12.3 Datos estadísticos de incendios (1979–1986, 2000–2004) – Caja 2898, Caja MA–1226
- 12.4 Plan general de lucha contra los incendios forestales en Castilla-La Mancha – Caja MA–1224
- 12.5 Plan comarcal de defensa contra incendios forestales Sierra de Ayllón, ICONA (1988), Planos y memoria – Caja MA–1228
- 12.6 Los incendios forestales en España durante 1974–2002. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Dirección General

- de Montes, Caza y Pesca Fluvial – Cajas MA–263–264, Cajas 3019–3020, 3027, 3031, 3032, 4538, 6518, 10032, 10040, 10043, 10044
- 12.7 Proyecto de Ordenación del Monte de Utilidad Pública nº38 de los propios de Villacadima, año 1958. Primera revisión de la ordenación provisional del MUP38, año 1971
- 12.8 Parmo, José Rodríguez (1997) Ordenación del Pinar de Villacadima, MUP38 de Guadalajara, Proyecto fin de carrera, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid
- 12.9 Proyecto de Ordenación Forestal del Monte nº38 del CUP de Guadalajara “Valdeayllón, Carragalve, Cabezuelas y Enebradas de Pedro Tebas” perteneciente a los propios de Cantalojas – FAB Consultores, S.A., noviembre 2001
- 12.10 Inventario Forestal del Monte: “Valdeayllón”, nº38 del CPU Guadalajara, TragsaTec, 1990, Consejería de Agricultura – Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha – Delegación Provincial Guadalajara
- 12.11 Proyecto de Ordenación provisional del monte de utilidad pública, nº 27 del Catálogo, denominado “Pinar”, perteneciente a los Propios de Valdepinillos, Año 1954, Distrito Forestal de Guadalajara
- 12.12 Proyecto de Ordenación del monte “Pinar” nº 27 del Catálogo de la pertenencia de Valdepinillos, Año 1961, Distrito Forestal de Guadalajara
- 12.13 Monte nº 27 “Pinar” – 1ª Revisión –Docenio 1973-74 a 1984-1985. Año de entrada en vigor: 1973, Instituto Nacional para la Conservacion de la Naturaleza – Provincia de Guadalajara
- 12.14 Deslinde Administrativo del Monte de UP nº15 denominado “Robledal de la Sierra” de los propios de Cantalojas, Año 1965, Ministerio de Agricultura – Direccion General de Montes, Caza y Pesca Fluvial – Distrito Forestal de Guadalajara
- 12.15 Amojonamiento del Monte de UP nº15 denominado “Robledal de la Sierra” perteneciente a Cantalojas, Año 1969, Ministerio de Agricultura – Direccion General de Montes, Caza y Pesca Fluvial – Distrito Forestal de Guadalajara
- 12.16 Deslinde Administrativo del Monte de UP nº99 denominado “El Palancar” de los propios de Majaelrayo, Año 1967, Ministerio de Agricultura – Direccion General de Montes, Caza y Pesca Fluvial – Distrito Forestal de Guadalajara
- 12.17 Proyecto de Ordenación del monte de utilidad pública de los propios de Galve de Sorbe. Año 1954
- 12.18 Plan Técnico Simplificado de Gestión Forestal para la declaración de cultivo energético del monte GU-1031 “La Vereda, El Vado y Matallana” con nº273 del CUP situado en el TM de Campillo de Ranas (Guadalajara)
- 13 Archivos Municipales**
- 13.1 Cantalojas
- 13.1.1 Actas municipales (1806–1975)
- 13.1.2 Varios, Expedientes y cuentas varios, Expedientes de subastas (1848–1990)
- 13.1.3 Recuento de ganadería (1877–1890)
- 13.1.4 Expedientes de aprovechamientos (1822–1982)

- 13.1.5 Juzgados y diligencias judiciales (1821–1962)
- 13.1.6 Multas (1869–1920)
- 13.1.7 Fincas rusticas, 1879
- 13.1.8 Documentos antiguos (1833–1870, 1870–1893, 1900–1940, 1910–1947)
- 13.2 Galve de Sorbe
 - 13.2.1 Actas municipales (1810–1997)
 - 13.2.2 Expedientes de aprovechamientos (1975–2000)
 - 13.2.3 Subastas de maderas (1952–1973)
 - 13.2.4 Juzgados y diligencias judiciales, multas y juicios
 - 13.2.4.1 Juzgados de paz (1945–1948)
 - 13.2.4.2 Sentencias (1801–1802)
 - 13.2.4.3 Juicios (1883–1929)
 - 13.2.4.4 Denuncias en monte publico (1936–1997)
 - 13.2.4.5 Fincas rusticas (1852–1917)
 - 13.2.5 Planos de monte
 - 13.2.6 Ordenanzas, dehesas y deslinde de términos (siglo XIX)
 - 13.2.7 Recuento de ganado (1919–1920)
- 13.3 El Cardoso de la Sierra
 - 13.3.1 Actas municipales (1894–1912)
 - 13.3.2 Denuncias (1955–1959)
 - 13.3.3 Recuento de ganadería (1937)
 - 13.3.4 Varios, documento de privilegios de El Cardoso de la Sierra (1583), Carta (1876)
- 13.4 Majaerayo
 - 13.4.1 Actas municipales (1879–1917)
 - 13.4.2 Actas de subasta (siglo XX)
 - 13.4.3 Reparto de pastos (1877–1920)
 - 13.4.4 Denuncias, juicios verbales y de faltas (1773–1929)
 - 13.4.5 Expedientes de aprovechamiento (1853–1932)
 - 13.4.6 Acuerdos de los ganaderos (1912)
- 13.5 Campillo de Ranas
 - 13.5.1 Actas municipales (1949)
 - 13.5.2 Recuento de ganado (1835–1942)
 - 13.5.3 Acta de supresión del juzgado de paz de La Vereda reincorporada al de Campillo de Ranas (1971), Expediente de incorporación voluntaria del municipio de La Vereda al de Campillo de Ranas
 - 13.5.4 Cuaderno de remates (1918–1924)
 - 13.5.5 Agricultura (1946)
- 13.6 Valverde de los Arroyos
 - 13.6.1 Actas municipales (1864–1963)
 - 13.6.2 Recuento general de ganadería (1818, 1942)
 - 13.6.3 Documentos antiguos (1765–1889), Orden de la rastrojera (1802), Orden de los plantidos (1818)
- 13.7 La Huerce
 - 13.7.1 Actas municipales (1898–1978)
 - 13.7.2 Varios antiguos
 - 13.7.3 Repartimiento de pastos (1913–1953)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 13.7.4 Boletines
- 13.7.5 Libros de cuentas
- 13.7.6 Padrón de población
- 13.7.7 Aprovechamientos forestales (1909–1911)

9 | ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS ANEXO

Figura Anexo 1 Ejemplo de información de fuentes históricas documentales, Actas municipales. Extracto de acta municipal de Manteigas del día 17/05/1884 diciendo que el municipio se encuentra en malas condiciones por una epidemia y que aprueba venderse algunos de los baldíos municipales para regenerar dinero a la villa.....	273
Figura Anexo 2 Ejemplo de información de fuentes históricas documentales, Actas municipales. Extracto de acta municipal de Galve de Sorbe del día 18/05/1903 diciendo que ha habido un incendio el día 8/04/1903..	274
Figura Anexo 3 Ejemplo de información de fuentes históricas textuales, Registro de subastas de 24 árboles de pinos procedentes de un incendio en el MUP 27 de Valdepinillos, La Huerce, con fecha de 1911.....	275
Figura Anexo 4 Ejemplo de información de fuentes históricas textuales, Documentación forestal. Documentos de aprovechamientos forestales en El Cardoso de la Sierra, 1972.....	276
Figura Anexo 5 Ejemplo de información de fuentes históricas textuales, Informes policiales. Extracto de una Carta de contestación del Periódico “Ecos de Manteigas” al Servicio de la Censura de Portugal, por haber censurado un artículo sobre el turismo creciente en la Serra da Estrela, 11/09/1968.	277
Figura Anexo 6 Ejemplo de información de fuentes históricas textuales, Periódicos. Aviso de subasta de aprox. 500 metros cúbicos de madera de pino, Administración de Manteigas, 1965.	278
Figura Anexo 7 Ejemplo de información de fuentes históricas textuales, Periódico “Gazeta”, 1963.	279
Figura Anexo 8 Preparación del mapa de LULC de Manteigas del inicio del siglo XX: Mapas de repoblaciones de Manteigas 1917 (MRM1917), formato raster.	280
Figura Anexo 9 Preparación del mapa de LULC de Manteigas de mediados del siglo XX: unión del mapa forestal del año 1972 (NFI-PT1972) con el mapa agrícola y forestal del año 1972 (CAF1972).	281

Figura Anexo 10 Preparación del mapa de LULC de Jarama y Sorbe de final del siglo XIX: planimetrías usadas para digitalización. Detalle de planimetría para una sección del Sorbe.....	282
Figura Anexo 11 Preparación del mapa de LULC de Jarama y Sorbe de mediados del siglo XX: fotointerpretación del ortofotomapa del vuelo americano 1956–1957 (OFM1956). Detalle de polígonos fotointerpretados para una sección del Jarama.	283
Figura Anexo 12 Tabla de integración de los documentos históricos textuales de la Sierra de Ayllón (1835–1944), 2123 registros. Extracto de los campos de características del sitio de aprovechamiento (A), extracto de los campos de características del aprovechamiento (B), extracto de los campos de las características del aprovechamiento de pastos (C), extracto de los campos de las características de valor y fuentes de información (D)....	284
Figura Anexo 13 Tabla de integración de los documentos históricos textuales de la Serra da Estrela (1811–1976), 468 registros. Extracto de los campos de características del sitio de aprovechamiento (A), extracto de los campos de características del aprovechamiento (B), extracto de los campos de las características del valor y fuentes de información (C)...	285
Figura Anexo 14 Comparación entre las bases de datos de incendios forestales nacionales (registros de incendios) con la base de datos de incendios forestales nacionales (EFFIS) (base de datos basada en imágenes de satélite) en 2000–2011.	286

ÍNDICE DE TABLAS ANEXO

Tabla Anexo 1 Marco normativo más importante por orden cronológica relativa a la Serra da Estrela.	287
Tabla Anexo 2 Marco normativo más importante por orden cronológica relativa a la Sierra de Ayllón.	288

ÍNDICE DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS ANEXO

Fire, 2019 Half-Century Changes in LULC and Fire in Two Iberian Inner Mountain Areas.	
Investigaciones Geográficas, 2019 Historical fire records at the two ends of the Iberian Central Mountain System: Estrela massif and Ayllón massif.....	
Cuadernos de Investigación Geográfica, 2020 Landscape-based fire scenarios and fire types in the Ayllón massif (Central Mountain Range, Spain), 19th and 20th centuries.....	289

gante necessidade, se implorara a devota, auethorizada,
 sia dos termos baldios municipales, se vendam em asta
 para as seguintes porções:

- 1.º 11.664 metros quadrados de terreno baldio, no sitio dos me-
 limitte e freguesia de São Pedro, d'esta villa.
- 2.º 4.800 metros quadrados de terreno baldio no sitio do
 de São Sebastião, limitte e freguesia de São Pedro (sitio
 made a Vila de Cambara, limitte e freguesia de
 a Vila de Santa Maria villos.
- 3.º 11.496 metros quadrados de terreno baldio, no sitio

Figura Anexo 1. Ejemplo de información de fuentes históricas documentales, Actas municipales, Actas municipales de Manteigas del día 17/05/1884 diciendo que el municipio se encuentra en malas condiciones por una epidemia y que aprueba venderse algunos de los baldíos municipales para regenerar dinero a la villa. Fuente: Archivo Municipal de Manteigas, Libro n.º 32 de Actas municipales (1881-1885), Caja 805.

TO FORESTAL
 DE
DALAJARA
 1911

Presentada la carta de pago fecha *10* de *septiembre*
 que acredita el ingreso de *100*
 pesetas *cinuenta* céntimos en
 areas del Tesoro, importe del 10 por 100 del aprove-
 chamiento que á continuación se expresa, por la pre-
 sente se autoriza á *D. Noman Nimita*
 para que pueda llevarle á efecto,
 previa entrega por el empleado que se designe y con
 sujeción á los pliegos de condiciones y á las disposi-
 ciones vigentes.

*El aprovechamiento de 24 árboles
 de pino, procedente de un incendio en
 el monte el monte n.º 27 del Catastro del
 pueblo de Valdepinillos agregado á La Huerce
 cuyos pinos se hallan marcados con el má-
 rca n.º 1 del distrito, en el sitio titulado
 "Corta del destino."*

*El plazo para dicho aprovechamiento
 es el de un mes.*

Guadalajara *24* de *septiembre* de 1911.

El Ingeniero Jefe,
P.O.
A. Herrera

úm. *30*

Imp. EL DIAMANTE.

Figura Anexo 3. Ejemplo de información de fuentes históricas textuales, Registro de subastas de 24 árboles de pinos procedentes de un incendio en el MUP 27 de Valdepinillos, La Huerce, con fecha de 1911. Fuente: Archivo Municipal de La Huerce, Caja Expedientes de aprovechamientos forestales (1910-1911).


 Ministerio de Agricultura
 Delegación Provincial de Guadalajara
 SECCION FORESTAL

PROVINCIA DE GUADALAJARA
 Partido judicial de **GUADALAJARA.**
 Término municipal de **EL CARDOSO de la S.**
 Nombre del monte **MATACHIN.**

Núm. 98 Ref.^a 431

PERMISO DE CORTA

Vista la solicitud de corta relativa al monte arriba reseñado propiedad de D. **Sociedad de Vecinos**, esta Jefatura, de acuerdo con el Reglamento de Montes, aprobado por Decreto de 22 de Febrero de 1962 y demás condiciones que al dorso se mencionan, autoriza la corta y aprovechamiento de

60 esterosos de leñas de rebollo.

Este permiso de corta será válido durante dos años a partir de esta fecha respetando los meses comprendidos entre Abril y Septiembre, ambos inclusive, durante los que deberán quedar en suspenso toda clase de aprovechamientos maderables y leñosos, por el movimiento de la savia.

Léanse detenidamente las condiciones al dorso para no incurrir en falta.

Guadalajara, **17** de **Enero** de 19**72**
 El Ingeniero Jefe,



Solicitante D. **Sociedad de Vecinos.- EL CARDOSO DE LA SIERRA.**
 Comprador D. Domicilio
 Calle, número

Figura Anexo 4. Ejemplo de información de fuentes históricas textuales, Documentación forestal. Documentos de aprovechamientos forestales en El Cardoso de la Sierra, 1972. Fuentes: Archivo Provincial de Guadalajara, Expedientes de solicitud de corta (1970–1972), Caja AG1411.

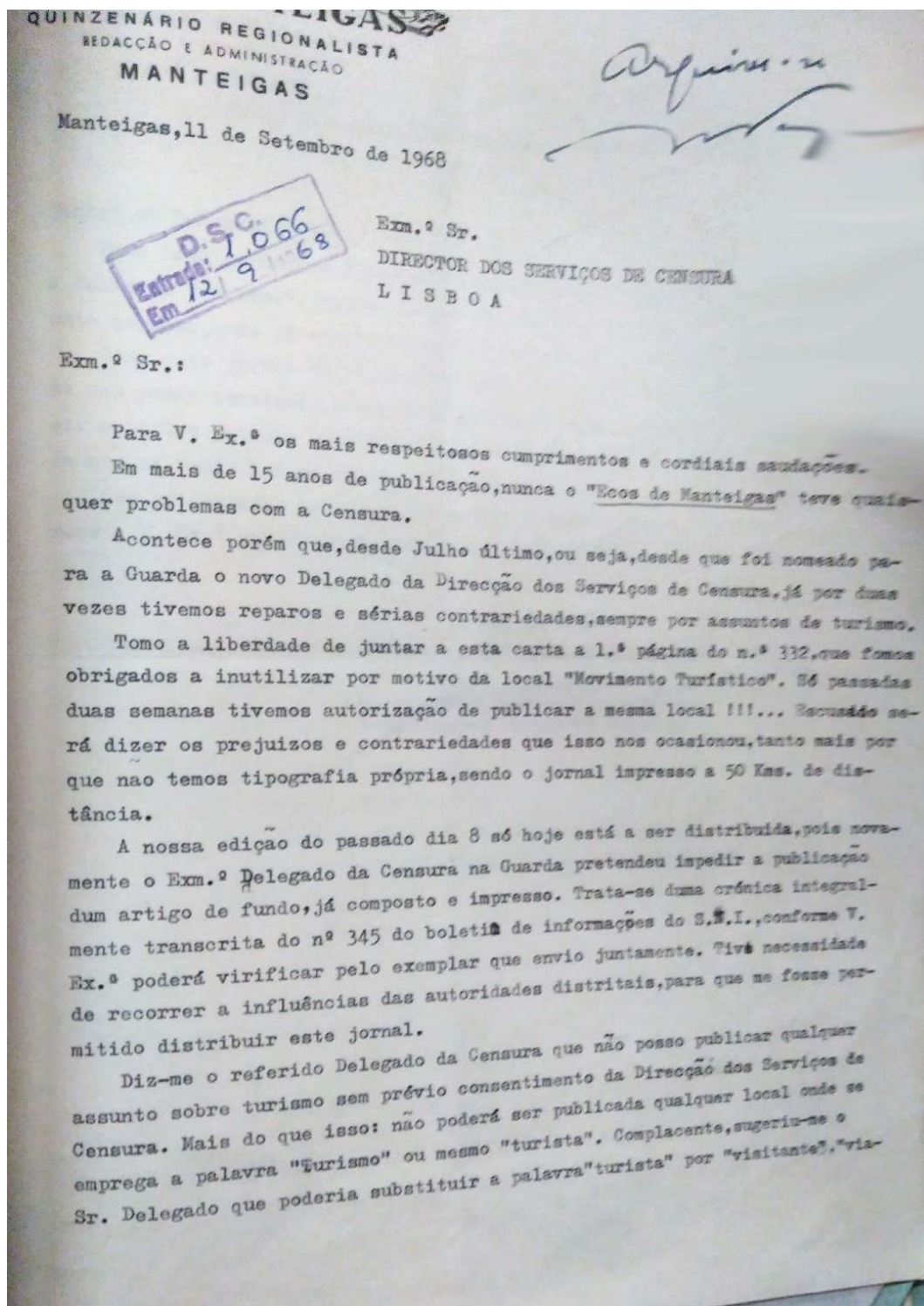


Figura Anexo 5. Ejemplo de información de fuentes históricas textuales, Informes policiales. Extracto de una Carta de contestación del Periódico "Ecos de Manteigas" al Servicio de la Censura de Portugal, por haber censurado un artículo sobre el turismo creciente en la Serra da Estrela, 11/09/1968. Fuente: Torre do Tombo, Ecos De Manteigas (1953–1971), Cota Secretariado Nacional De Informação, Cota Censura Cx. 737



Figura Anexo 6. Ejemplo de información de fuentes históricas textuales, Periódicos. Aviso de subasta de aprox. 500 metros cúbicos de madera de pino, Administración de Manteigas, 1965. Fuente: Hemeroteca Municipal de Lisboa, Periódico Ecos de Manteigas, 7 marzo 1965, nº265.

Mas só?!...

Pelo Prof. C. M. BAETA NEVES
Eng. Silvicultor

CONFORME foi anunciado recentemente na imprensa diária, foram presos os autores confessos de alguns dos mais importantes logos que nos dois últimos anos causaram grandes prejuízos nas Matas Nacionais.

Dada esta primeira satisfação pública, virá naturalmente a ser noticiada mais tarde a sentença que cada um sofrerá depois de ter sido sujeito a julgamento.

Arturado o assunto, fechadas as portas das celas e arquivada a documentação jurídica respectiva, perante o castigo exemplar aplicado aos incendiários, poderá parecer a alguns que ficou resolvido o problema dos logos, pelo menos enquanto ficarem de memória as suas consequências para aqueles a quem foi atribuída a responsabilidade do crime cometido. Por outro lado, este ano, foram espalhados pelo País mais uns cartazes chamando a atenção para o perigo desses logos, e a TV, ao som de uns compassos musicais estridentes e emotivos, tem reproduzido uma imagem também e frase alusivas, com igual objectivo.

Obtida a colaboração eclesiástica para a propagação de intimidação e esclarecimento a fazer, realizadas umas tantas reuniões de técnicos florestais e de bombeiros, e intensificada a vigilância nos perímetros, a pouco mais a imprensa se referiu, que eu tenha conhecimento, como



Aspecto de um fogo nos arredores de Coimbra (Ceira, 1962)
Foto T. J. Pereira Húria (Coimbra)

Aquilino Ribeiro, notáveis tanto pela sua categoria literária como pela forma como tratam dos aspectos sociais relacionados com a origem dos logos.

Não se trata, como é óbvio de trabalhos técnicos ou científicos sobre os incendiários das matas, no entanto a sua leitura das suas causas mais comuns.

Também não li, nos jornais que me passaram pelas mãos, quaisquer referências a esse aspecto fundamental do problema, ainda que nas notícias das prisões fossem indruidos os motivos, de natureza social a maior parte deles, que teriam levado os incendiários a tais actos de vingança.

Ora parecia-me essencial que se fizesse uma revisão da política de relações entre os povos serranos e os Serviços Florestais que os vieram substituir na exploração dos baldios, certo como é que muitos desses logos têm origem nos seus desentendimentos.

O fogo é a sua grande arma para defenderem, agravando ainda mais a situação, aquilo que supõem ser os seus direitos. Também não tenho conhecimento de ter sido anunciada qualquer campanha

...da para a influência das condições meteorológicas registadas no referido ano, nos estudos do Sr. Pareto, e os dados locais darão indícios muito especiais a esse respeito do problema.

O ponto que se levantou, que eu não sei se já foi tratado, as referências feitas, a propósito da TV, a propósito do tempo, quando começou a ser englobada nesta administração da zona de maior perigo de incêndio, de certa forma não se aprofundaram, para ser escolhida uma das zonas favoráveis para lançar um dos maiores logos desde ano a norte do Douro?...

Coisa e triste anomalia! Também não tenho conhecimento que sejam a ser feitos quaisquer estudos sobre a combustibilidade dos diferentes tipos de matas; só se as consequências ecológicas dos logos, sobre os mais modernos meios de luta, ou ainda sobre as relações existentes entre os logos e a orientação seguida na condução dos povoamentos e na ocupação dos baldios serranos pelo Estado, entre outros exemplos de estudos fundamentais a realizar.

A bibliografia nacional a seu propósito, embora seja rica em citações históricas de logos, demonstrando a antiguidade do problema, embora tomando o aspecto histórico ao longo dos tempos, é, contudo, muito pobre, e raros os que lhes dedicaram estudos como assunto de literatura, e ainda mais se destacam as obras de A. L. e a Neve, de Ferreira de Sá e "Quando os lobos vivem" de

Perdido no meio do público, como um outro, qualquer, embora especialmente interessado em todos os aspectos da Protecção Florestal, também nada mais sei a propósito do que possa ter sido feito para apertecor e generalizar entre nós a luta contra os logos florestais; mas como técnico não me sinto satisfeito e por isso pergunto: mas só?!

Não havendo em Portugal nenhum Engenheiro Silvicultor especializado nesse importantíssimo capítulo das Ciências Florestais, apesar da tentativa pelo menos feita por Campos de Andrade, João Dias e Alves da Silva para se dedicarem ao seu estudo, a primeira coisa que eu gostaria de ter visto anunciado, nesses meios jornalísticos, e com igual destaque, é que fossem partidos para o estrangeiro, para os três Engenheiros Silvicultores para me especializar-se na luta contra esses logos.

Mas não! antes se decidiu reduzir o objectivo técnico à «prata da casa», apesar de ser insulsiência manifesta, e ainda que fosse reconhecida a necessidade de resolver o urgente e eficazmente tão grave e importante problema, não se entenderia como justificada tal deslocação ao estrangeiro.

E sendo o incêndio nas matas um problema de diversos causais, mais reais e imediatas, no conjunto das causas que

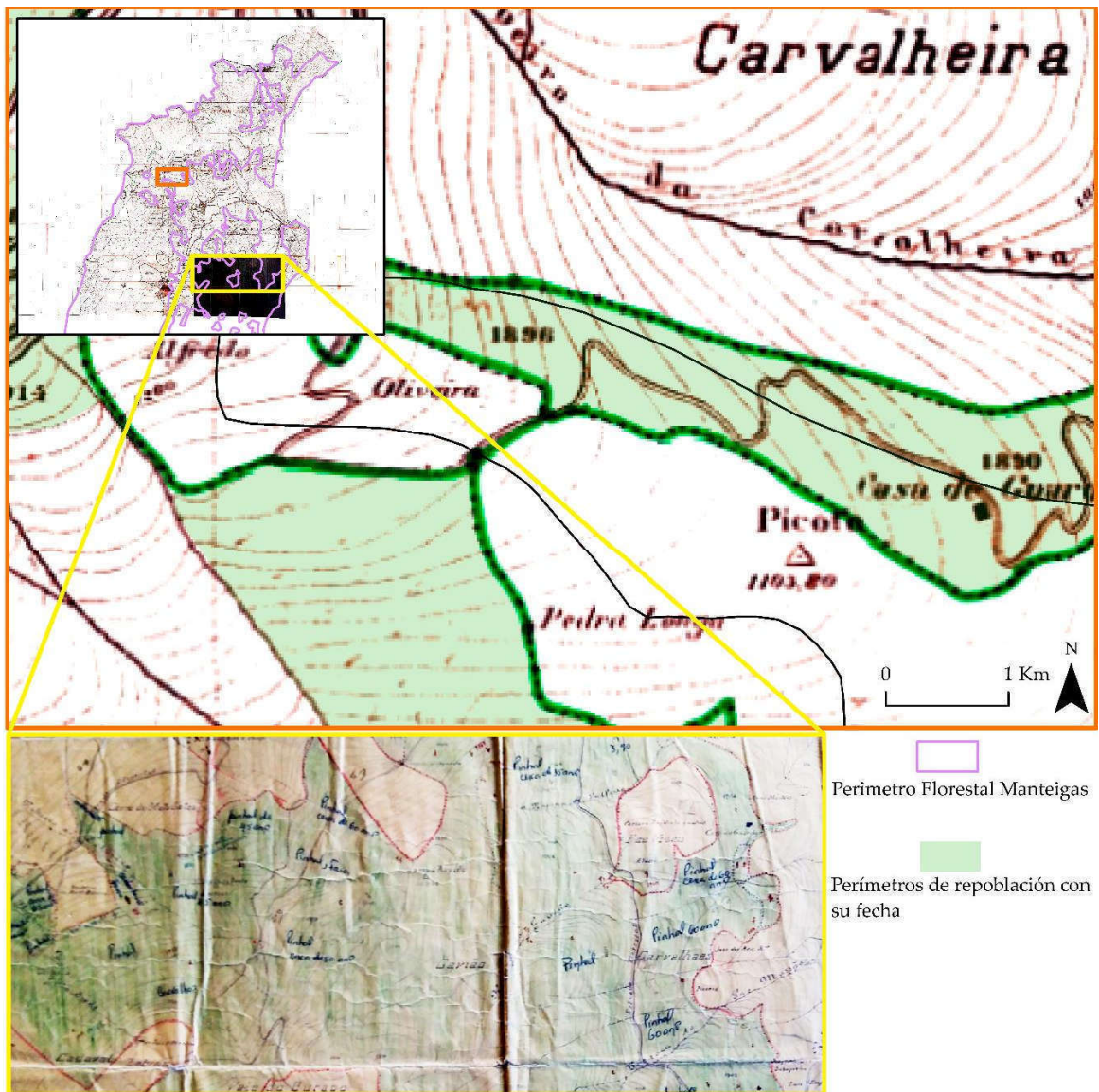


Figura Anexo 8. Preparación del mapa de LULC de Manteigas del inicio del siglo XX: Mapas de repoblaciones de Manteigas 1917 (MRM1917), formato raster. La fotografía se corresponde con una parte del mapa que sólo existe en formato papel. Toda el área que no aparece en el recuadro del mapa de localización no existe y se ha complementado con información de la carta agrícola y forestal de 1910 (CAF1910).

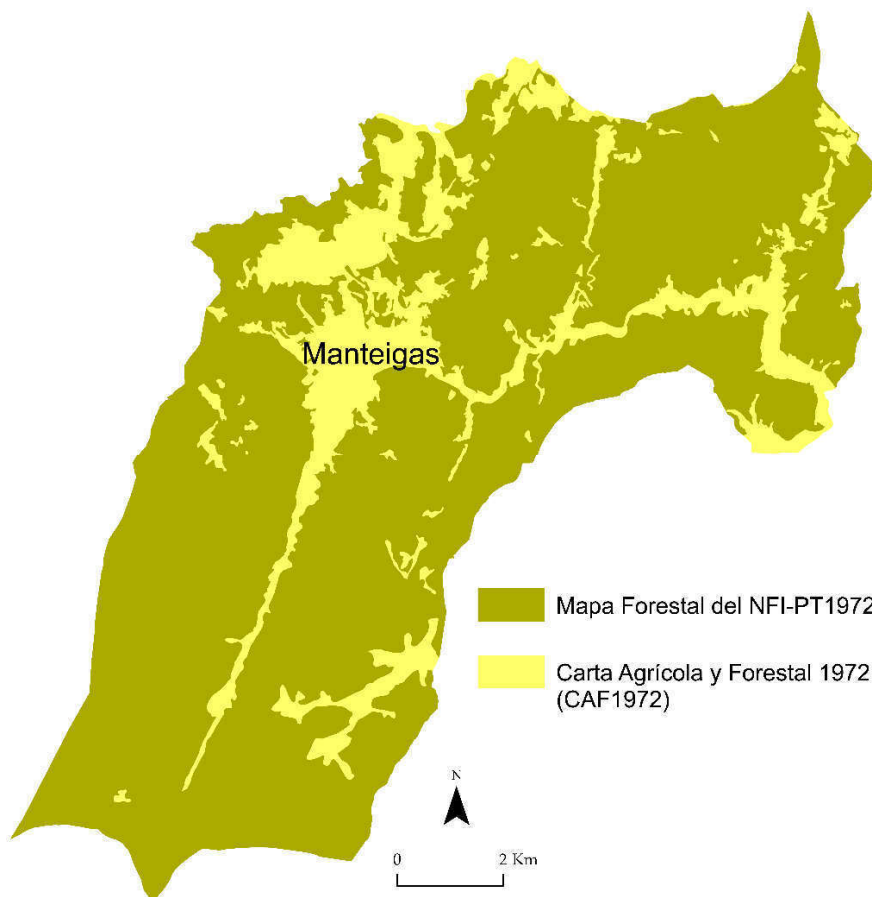


Figura Anexo 9. Preparación del mapa de LULC de Manteigas de mediados del siglo XX: unión del mapa forestal del año 1972 (NFI-PT1972) con el mapa agrícola y forestal del año 1972 (CAF1972). 83% del área total se refiere a información del NFI-PT1972, y 17% se refiere a la CAF1972.

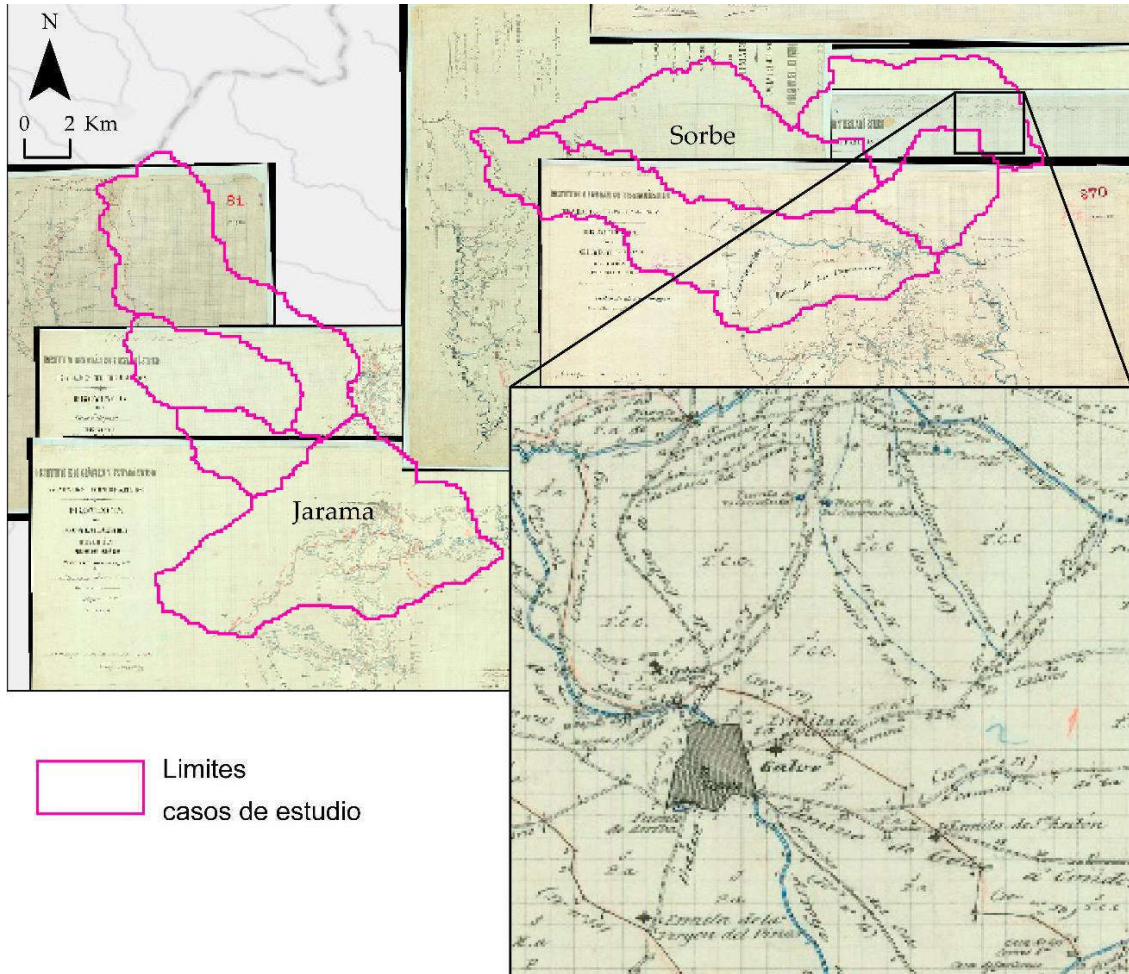


Figura Anexo 10. Preparación del mapa de LULC de Jarama y Sorbe de final del siglo XIX: planimetrías usadas para digitalización. Detalle de planimetría para una sección del Sorbe.

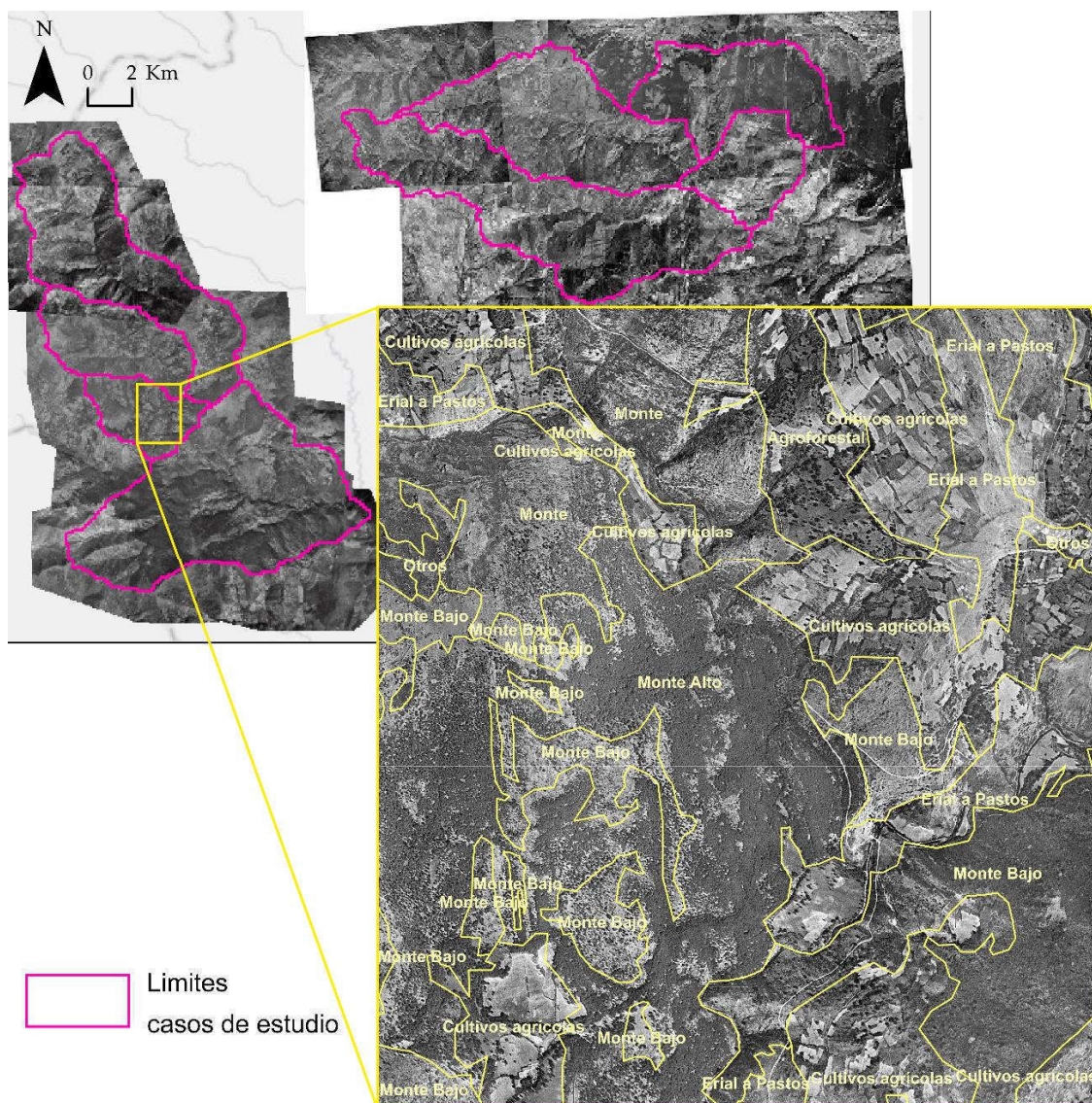


Figura Anexo 11. Preparación del mapa de LULC de Jarama y Sorbe de mediados del siglo XX: fotointerpretación del ortofotomapa del vuelo americano 1956–1957 (OFM1956). Detalle de polígonos fotointerpretados para una sección del Jarama.

ANEXOS

(A) Características del sitio de aprovechamiento

Año	Ayuntamiento	Nr Monte	Nombre Monte/Finca	Propiedad	Aprovechamiento (fase)	Aprovechamiento (tipo)	Rematante/ Solicitante
1906	Cantalojas	14 y 15	Pinar, Dehesa de la	Ayuntamiento	Ejecución	Maderas	
1906	Cantalojas	233 (GU)	Tejera Negra y Renc	Ayuntamiento	Ejecución	Pastos	Modesto Martín
1906		14 y 15				Maderas	Eugenio Martín
1907	La Huerce (Valdepinillos)	27	Monte Pinar	Ayuntamiento	Ejecución	Pastos	Filipe estaban en el nombre de los ganaderos
1907	La Huerce (Valdepinillos)	27	Monte Pinar	Ayuntamiento	Ejecución	Maderas	
1907	Galve de Sorbe				Ejecución	Leñas	Ayuntamiento
1907	Galve de Sorbe				Ejecución	Maderas	Miguel
1907	Cantalojas	14 y 15	Pinar, Dehesa de la	Ayuntamiento	Ejecución	Maderas	
1907	Cantalojas	233 (GU)	Tejera Negra y Renc	Ayuntamiento	Ejecución	Pastos	Marcelino Rodríguez
1907	Majaelrayo	97	hortales y otro y cu	Ayuntamiento	Ejecución	Leñas	
1908	La Huerce	27	Monte Pinar	Ayuntamiento	Ejecución	Pastos	Mateo Bris en el

(B) Características del aprovechamiento

Rematante/ Solicitante (origen)	Objeto (unidad)	Espécie	Objeto (cantidad)	Cubicación (m3)	Cubicación leñas (est)
Condemios de	Nr Arboles	Pinus	1462	283.181	
Condemios de	Nr Arboles	Pinus	1270	337.887	
	Nr Arboles	Pinus	116	100.283	
Galve de Sorbe	Nr Arboles	Pinus	359	55.56	
S	Nr Cabezas				
		Pinus		75.597	194.145
Condemios de		Pinus		132.54	240.755
			302		
	Nr Arboles	Pinus	240	75.597	194.14
	Nr Arboles	Pinus	230	132.34	240.75
		Roble	150		

(C) Características del aprovechamiento de pastos

Pastos (nr vacunos)	Pastos (nr menores)	Pastos (nr lanares)	Pastos (nr mayores)	Pastos (nr mullar y caballar)	Pastos (nr asnal)	Pastos (nr cabrio)
250		3000	40			300
250		3000	40			300
250		3000	40			300
250		3000	40			300
250		3000	40			300
50		3000				300

(D) Características de valor y fuentes

Fecha licenciam/ adjudicación	Nr Licencia	Tasación (medida)	Tasación (valor)	Adjudicación (medida)	Adjudicación (valor)	Fuente (Archivo)	Fuente (referencia)
23/09/1960		Pesetas	1000	Pesetas	1000	Archivo Historico Provincial de Guadala	Carpeta AG1699 - Libros de
09/12/1960		Pesetas	32250	Pesetas	32250	Archivo Historico Provincial de Guadala	Carpeta AG1699 - Libros de
29/02/1960		Pesetas	444034.2	Pesetas	444034.2	Archivo Historico Provincial de Guadala	Carpeta AG1699
09/12/1960		Pesetas	1090	Pesetas	1965	Archivo Historico Provincial de Guadala	Carpeta AG1699
09/12/1960		Pesetas	10500	Pesetas	10500	Archivo Historico Provincial de Guadala	Carpeta AG1699
09/12/1960		Pesetas	43144.5	Pesetas	43144.5	Archivo Historico Provincial de Guadala	Carpeta AG1699

Figura Anexo 12. Tabla de integración de los documentos históricos textuales de la Sierra de Ayllón (1835–1944), 2123 registros. Extracto de los campos de características del sitio de aprovechamiento (A), extracto de los campos de características del aprovechamiento (B), extracto de los campos de las características del aprovechamiento de pastos (C), extracto de los campos de las características de valor y fuentes de información (D).

ANEXOS

(A) Características del sitio de aprovechamiento

Año	Ayuntamiento	Monte	Propiedad	Aprovechamiento (tipo)	Rematante/ solicitante
1887	Manteigas	Folha e Malhão		Pasto	António Craveiro Ram
1887	Manteigas	Limite da Folha		Pasto	José Cardoso dos Se
1887	Manteigas	Mata da Carvalheira	Municipal	Limpeza e arramento/arroramento (?)	
1887	Manteigas			Pedra	Joaquim André
1887	Manteigas	Mata de Sampedro e Terra da Ordem		Pasto	José Cardoso dos Sar
1887	Manteigas	Coutada		Pasto	José Dias Craveiro P
1888	Manteigas	Malhão da Folha		Pasto	António Lucas Baptis

(B) Características del aprovechamiento

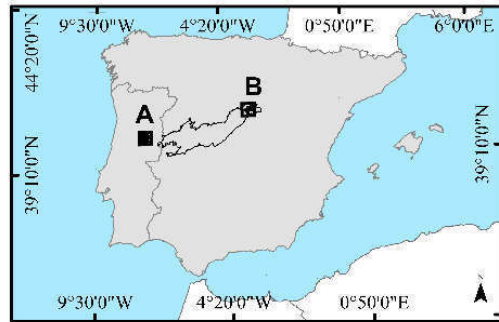
Rematante/ solicitante (origen)	Especie	Objecto (medida)	Objecto (cantidad)	Cubicación (m3)	Fecha adjudicación
Jo José Operário	Pinheiro	Nr Árvores	1936		
	Pinheiro	Nr Árvores	1071		
Verdelhos					
Fundão	Castanheiro e (Nr Paus	2040		
	Pinheiro	Nr Árvores	826		
	Pinheiro	Nr Árvores	1383		

(C) Características de valor y fuentes

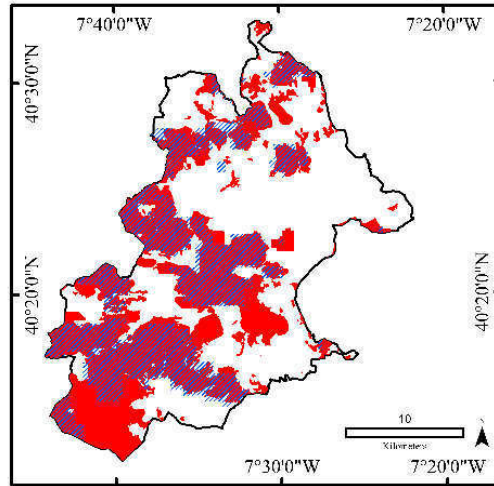
Adjudicación (unidad)	Adjudicación (valor)	Fuente (archivo)	Fuente (referencia)
Escudo	200000	Arquivo Municipal de Manteigas	Actas Municipais
		Arquivo Municipal de Manteigas	Actas Municipais
Escudo	205	Arquivo Municipal de Manteigas	Actas Municipais
Escudo	156400	Arquivo Municipal de Manteigas	Actas Municipais
		Arquivo Municipal de Manteigas	Actas Municipais
		Arquivo Municipal de Manteigas	Actas Municipais

Figura Anexo 13. Tabla de integración de los documentos históricos textuales de la Serra da Estrela (1811–1976), 468 registros. Extracto de los campos de características del sitio de aprovechamiento (A), extracto de los campos de características del aprovechamiento (B), extracto de los campos de las características del valor y fuentes de información (C).

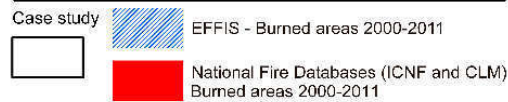
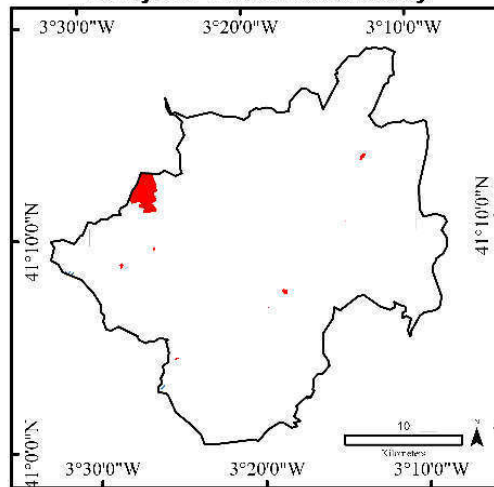
ANEXOS



A: Estrela massif case study



B: Ayllón massif case study



Case study	Total burned area 2000-2011		
	National Fire database	EFFIS	
Estrela massif	29,294	25,492	87%
Ayllón massif	587	44	7%

Figura Anexo 14. Comparación entre las bases de datos de incendios forestales nacionales (registros de incendios) con la base de datos de incendios forestales nacionales (EFFIS) (base de datos basada en imágenes de satélite) en 2000–2011.

Tabla Anexo 1. Marco normativo más importante por orden cronológica relativa a la Serra da Estrela.

Año	Legislación	Tema
1938	Lei n.º 1971/38, de 15 de junho	Ley do Poblamiento Forestal
1976	Decreto-Lei n.º 557/76, de 16 julho	Creación del Parque Natural de la Serra da Estrela (PNSE)
1979	Diretiva 79/409/CEE	Diretiva Aves. Se crean zonas de protección especial (ZPE)
1990	Portaria n.º 583/90	Plano de Ordenación del Parque Natural de la Serra da Estrela
1992	Diretiva 92/43/CEE	Diretiva Habitats. Se crean zonas especiales de conservación (ZEC) Planalto Central de la sierra se declara reserva biogenética
1993	Lei n.º 68/93, de 4 de setembro	Ley de los Baldíos
1997	Decreto Regulamentar n.º 50/97, de 20 de novembro	Redefinición de los límites del PNSE
2000	Resolução de Conselho de Ministros n.º 76/00, de 5 de julho	Se integra en la Red Natura 2000 (Sitio de Importancia Comunitaria, SIC)
2004	Decreto-Lei n.º 156/2004, de 30 de junho	Define zonas críticas: <i>“manchas onde se reconhece ser prioritária a aplicação de medidas mais rigorosas de defesa da floresta contra incêndios face ao risco de incêndio que apresentam e em função do seu valor económico, social e ecológico.”</i>
2004	Portaria n.º 1056/2004, de 19 de agosto	Define el conjunto de manchas designadas por zonas críticas
2004	Portaria n.º 1060/2004, de 21 de agosto	Presenta el Mapa de Riesgo de Incendio Forestal en Portugal Continental (Direção Geral dos Recursos Florestais, DGRF)
2005	Decreto-Lei n.º 49/2005, de 24 de fevereiro Directiva Habitats	Identificación del habitat 7140 – “Turfeiras Altimontanas ou de transição e turfeiras ondulantes” como patrimonio paleontológico
2007	Decreto Regulamentar n.º 83/2007, de 10 de outubro	Redefinición de los límites del PNSE Plan Setorial de la Red natura 2000 y creación del PTCO0014 “Serra de Estrela”
2009	Resolução do Conselho de Ministros n.º 83/2009, de 9 de setembro	Reglamento del Plan de Ordenación del PNSE
2017	Lei n.º 75/2017, de 17 de agosto	Ley de los Baldíos
2019	Portaria n.º 55/2019 de 11 de fevereiro	Aprueba el Programa Regional de Ordenación Forestal del Centro Interior (PROF CI)

Tabla Anexo 2. Marco normativo más importante por orden cronológica relativa a la Sierra de Ayllón.

Año	Legislación	Tema
1985	Ley 7/1985, de 2 de abril (Art80.1)	Bases de Régimen local
1992	Directiva 92/43/CEE, de 21 mayo	Conservación de los hábitats
1998	Decreto 33/1998, de 5 mayo	Creación del Catálogo de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha
1999	Ley 9/1999, de 26 mayo	Conservación de la Naturaleza de Castilla-La Mancha
2000	Directiva 2000/60/CE, de 23 octubre	Establecimiento de un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas
2001	Decreto 199/2001, de 6 noviembre	Ampliación del Catálogo de Hábitats de Protección Especial de Castilla-La Mancha
2001	Decreto 200/2001, de 6 noviembre	Modificación del Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha
2005	Decreto 82/2005, de 12 julio	Designación de 36 Zonas de Especial Protección para las Aves y declaración de Zonas Sensibles
2006	Orden MAM/1498/2006, de 26 abril	Inclusión en el Catálogo de Especies Amenazadas determinadas especies de flora y cambio de categoría de algunas especies de aves incluidas en el mismo
2006	Decisión 2006/613/CE, de 19 julio	Aprobación de la lista de Lugares de Importancia Comunitaria de la región biogeográfica mediterránea
2007	Ley 42/2007, de 13 diciembre	Patrimonio Natural y Biodiversidad
2007	Ley 45/2007, de 13 diciembre	Desarrollo sostenible del medio rural
2008	Ley 3/2008, de 12 junio	Montes y Gestión Forestal Sostenible de Castilla-La Mancha
2009	Directiva 2009/147/CE, de 30 noviembre	Conservación de la aves silvestres
2008–2011	Decisión 2008/335/CE Decisión 2009/95/CE 2010/45/UE Decisión 2011, de 10 enero	Aprobación de las cuatro primeras listas actualizadas de lugares de importancia comunitaria de la región biogeográfica mediterránea
2010	Decreto 215/2010, de 29 septiembre	Aprobación del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Sierra Norte de Guadalajara
2011	Real Decreto 139/2011, de 4 febrero	Desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas
2011	Ley 5/2011, de 10 marzo	Declaración del Parque Natural de la Sierra Norte de Guadalajara
2011	Decisión de Ejecución, de 11 julio	Formulario de información sobre un espacio Natura 2000



Article

Half-Century Changes in LULC and Fire in Two Iberian Inner Mountain Areas

Catarina Romão Sequeira ^{1,*} , Francisco Castro Rego ², Cristina Montiel-Molina ¹ and Penelope Morgan ³

¹ Department of Geography, Complutense University of Madrid, 28040 Madrid, Spain

² Centro de Ecologia Aplicada Prof. Baeta Neves, University of Lisbon, 1649-004 Lisboa, Portugal

³ Department of Forest, Rangeland, and Fire Sciences, University of Idaho, Moscow, ID 83844, USA

* Correspondence: anacatte@ucm.es; Tel.: (+34)-91-394-5292

Received: 22 May 2019; Accepted: 2 August 2019; Published: 8 August 2019



Abstract: Wildfires in the Iberian Peninsula were large and frequent in the second half of the 20th century. Land use and land cover (LULC) also changed greatly. Our aim was to understand the relationship between LULC and fire in the western and eastern ends of the Iberian Central Mountain System. We compared two case study landscapes, the Estrela massif and the Ayllón massif, which are biophysically similar but with different social-ecological contexts. In both, fires were in general more likely in shrublands and pastures than in forests. Shrublands replaced forests after fires. Contrasting LULC in the two massifs, particularly pastures, likely explained the differences in fire occurrence, and reflected different regional land use policies and history. Fire here is a social-ecological system, influenced by specific LULC and with implications from landscape to regional scales. Understanding how LULC changes interact with fire is powerful for improving landscape and regional planning.

Keywords: Ayllón massif; Estrela massif; fire; Iberian Peninsula; landscape dynamics; landscape scale; rural mountain areas; wildfires

1. Introduction

Land use and land cover (LULC) in the Iberian Peninsula have undergone substantial changes through the second half of the 20th century, mostly related to human activities resulting from economic development [1]. Such LULC changes have triggered a change in the fire patterns in this territory [2–4]. However, the influence of the social context on the interaction between fire and LULC is poorly understood yet critical to effective planning and policy.

The Central Mountain System of the Iberian Peninsula is a good example of the regional, national and global social-ecological dynamics that happened in the second half of the 20th century [5–9]. This area is historically very fire prone [10,11], and the interactions between LULC and fire have been studied at the regional and landscape scales (e.g., [10,12–14]). Nevertheless, less attention has been paid to the two ends of that region [15] from a comparative perspective. Although they belong to the same mountain system and are therefore biophysically similar, they are in two different countries. Is the difference between the two fire frequencies due to the different social-political contexts? Analysis of LULC changes in the Estrela massif (the western end of the Central Mountain System situated in Portugal) showed that since 1000 yr BP there was a general deforestation (i.e., conversion of forest land to non-forest land, or decrease in tree canopy cover) of the upper elevations of the massif while *Pinus* forest area increased at lower elevations because of excessive grazing [16]. The currently forested landscape is a result of the reforestations (i.e., conversion of non-forested lands to forests, or increase in tree canopy cover), mostly with *Pinus*, that took place after the establishment of the Portuguese national forests in the late 19th century [17–19]. The Estrela massif is characterized by large burned

areas despite relatively few ignitions when compared to the Portuguese national numbers [20–22], and fire selectivity studies (e.g., [23]) confirmed the LULC relationship with fire. In contrast, at the eastern end of the Central Mountain System, in the Ayllón massif in Spain, LULC investigations showed that once extensive forest area (ca. 4000–2000 yr. BP) decreased with the intensification of human activities [24,25], and that the Spanish Forest Administration carried out several reforestations over the 20th century for hydrological-woodland restoration and erosion control in the upper parts of the watersheds [26]. Fire in the Ayllón massif is characterized by very few ignitions and large burned areas [27]. However, the Estrela massif has a much higher fire frequency than the Ayllón massif from the late 20th century.

Fire dynamics were not simple. In both Spain and Portugal, an abrupt change in the fire regime (number of fires, as well as in the burned area) occurred in the 1970s and again in the 1990s [28–31]. The landscape structure and pattern are influenced by fires [2,13,32–36]. Fires burned LULC types disproportionately to their abundance but fire selectivity was weaker as fire size increased [37–40]. Although the likelihood of burning was high in shrubland and forest areas in Spain [41,42] and in Portugal [43], fire density was not found to be related to LULC in Spain and in Portugal [39,44–46]. Besides shrubland, *Pinus* forests were the most fire prone, in contrast to agricultural-related LULC [22,23,34,37,38,47,48]. Given these findings, many researchers called for local and landscape approaches to identify and explain the drivers of landscape and fire variations [49–51], as they are changing over time [52]. This could inform regional land use and fire policies.

In this paper we assess the interaction between burned areas and LULC (including forest composition) in the second half of the 20th century in the Estrela and Ayllón massifs, during the period of the abrupt change in the fire regime found in both countries in the 1970s and in the 1990s. We used mathematical transition matrices and fire selectivity indexes, which have been widely used in this context and have proved to be suitable (e.g., [40,53–55]). We are interested in understanding if the LULC and fire interactions could explain the much more extensive fires in Estrela, or if it is because the Estrela and Ayllón massifs are situated in two different countries. Comparing these biophysically similar areas enables us to understand how their landscape organization and dynamics likely influence and are influenced by fire, and how this could be shaped by their different social history and context. Our hypotheses are that, regardless of the contrasting fire frequencies in the two areas, (1) fire affected LULC transitions, and that (2) LULC influenced fire selectivity, i.e., different LULC categories had different fire proneness in both the Estrela and Ayllón massifs. Assessing the interplay between fire and LULC transitions at the landscape scale within two different social-ecological contexts is important to developing smarter fire and landscape management strategies for reducing risk and damages from fire. Also, the approach taken in this study allows for a better understanding of the processes by addressing separately the relationship between fire and LULC transitions and then how LULC affects fire.

2. Methodology

2.1. Study Area

We investigated two areas at the eastern and western ends of the Central Mountain System of the Iberian Peninsula. Both are representative of regional environment features and have a long history of fire. As these inner Iberian Peninsula Mountain areas belong to different countries, they are subject to contrasting national forest and regional development policies.

Administrative boundaries: The Estrela massif case study area, located in Portugal, covers about 58 thousand hectares, and includes five administrative municipalities of two Districts (Guarda and Castelo Branco). The Ayllón massif case study area, located in Spain, covers about 63 thousand hectares, and includes seven municipalities of the Guadalajara District (Figure 1).

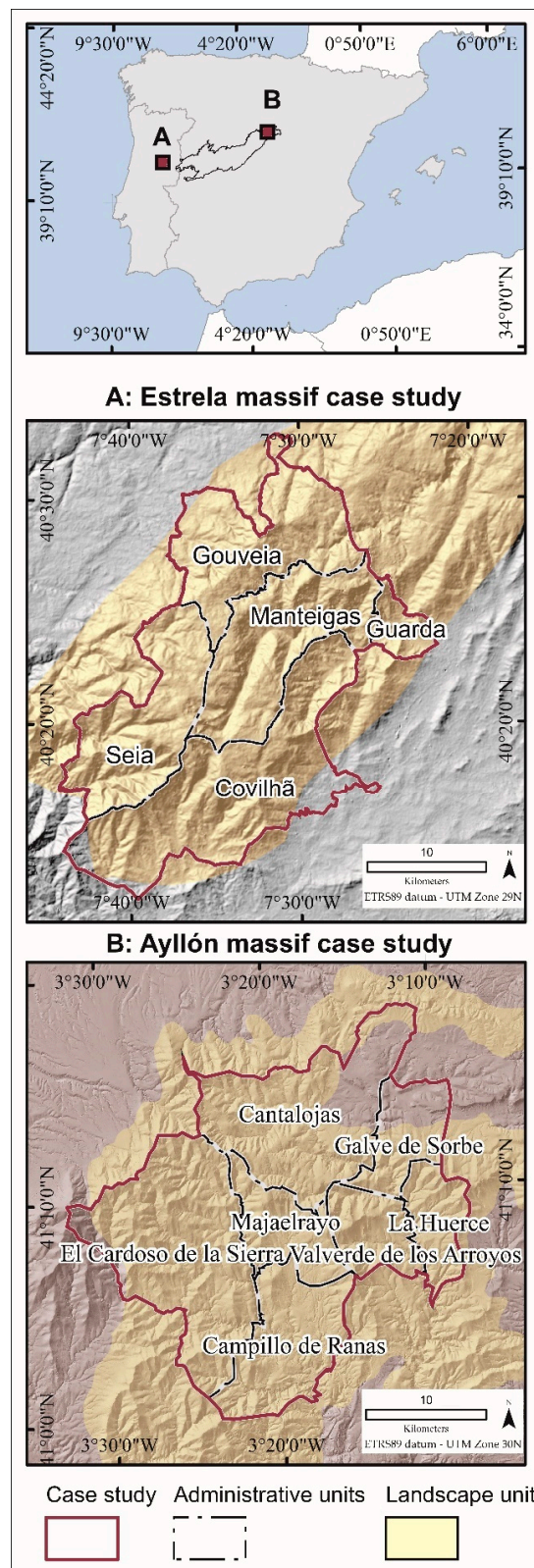


Figure 1. Map of the case study areas—Estrela massif (A, approx. 58 thousand hectares) and Ayllón massif (B, approx. 63 thousand hectares)—Showing the topography in shaded relief, the boundaries of the landscape units and the administrative units within them. Source: DEM and boundaries layers—National Geographic Institute (Portugal, <http://www.dgterritorio.pt> and Spain, <http://centrodedescargas.cnig.es>).

Geology: The Central Mountain System is lithologically and structurally complex. It is composed of diverse mesostructures and macrostructures that are a product of metamorphic, granitization and other regional deformational processes, especially in the Cenozoic Era [56]. The Estrela massif ranges from 400–1993 m asl and it is dominated by granites, slate and greywacke parent material. Elevation in the Ayllón massif ranges from 700–2272 m asl and it is dominated by black slate and gneiss, clay slate and granite parent material [57]. The soils in the two massifs are quite similarly coarse textured and of low productivity.

Climate: There is abundant rainfall from repeated storms in both the Estrela and Ayllón massifs [58]. The Estrela massif has influences of temperate and Mediterranean climates with an average annual temperature of 9 °C (average maximum of approx. 15 °C, average minimum of approx. 5 °C), and average annual rainfall of 2000–2500 mm [59]. In the Ayllón massif, the dominant climate is sub-Mediterranean with an average temperature of about 8 °C (average maximum of approx. 20 °C and average minimum of approx. 1 °C) and average annual rainfall of 800–1500 mm [60]. Both are continental climates with warm summers and mild, wet winters.

Population and activities: In both massifs, there was a sharp downward trend in human population starting in the 1960s. However, whereas in Estrela, the population was growing before that date [61], in Ayllón there was a smooth decreasing trend from the 19th century [62]. The Estrela massif once had a vigorous industrial sector based on livestock and wool production that now does not exist. Nowadays one of the most important economic activities is tourism linked with the Estrela Natural Park created in 1976. In the Ayllón massif, although livestock production for meat is less important than it was historically, it still plays a very important economic and social role after being reinvented at a smaller scale. Tourism also generates incomes thanks to the Natural Park of the Guadalajara Northern Mountains (of which the first section was created in 1978) and with the Black Architecture Villages of the Guadalajara Mountains.

Vegetation composition: The Estrela massif is dominated by transitional woodland-shrubs. The tree layer at lower altitudes is mainly composed of *Quercus* sp., and in the cooler areas there is *Fraxinus* sp. as well as other varied riparian vegetation. At intermediate altitudes, *Quercus* sp., *Calluna* sp. and *Cytisus* sp. occupy the majority of the area. These latter two, along with *Juniperus* sp., peatlands, mountain pastures, and particularly *Cytisus* sp. and *Nardus stricta* grasslands dominate the higher altitudes of the Estrela massif, with a tree layer composed largely by *Pinus* sp. [63,64]. In the Ayllón massif there are *Quercus* sp. and *Juniperus communis*, and in the cooler areas there is also *Fagus sylvatica*. The areas at higher altitudes are dominated by shrubs such as *Erica* sp., *Calluna* sp., *Cistus* sp. and *Lavandula* sp., and the tree layer is composed mainly of *Pinus* sp. (natural and from reforestations) and *Quercus pyrenaica* [65–67].

2.2. Data Gathering

LULC data: To facilitate comparison of LULC changes between the two case study areas, we used the CORINE Land Cover inventory. These LULC maps from 1990 allow for multi-temporal analyses of LULC [68–70]. These data are provided by the European Union's Earth Observation Programme - Copernicus Land Cover Products (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>) coordinated by the European Environment Agency (<https://www.eea.europa.eu>). The minimum mapping unit is 25 hectares, scale is 1:100,000, and it is classified into 44 thematic categories (of these, 25 are present in our case study area). We analyzed data for the four years for which the CORINE Land Cover inventory data were available: 1990, 2000, 2006 and 2012 (Table 1). We reclassified the 25 thematic categories into six new categories: Artificial surfaces, Agriculture and Agroforestry, Pastures, Forest, Shrubland, and Water bodies (Table S1). The last category (Water bodies) corresponds to less than 0.5% of the total area in the two case study areas, and we did not include it in our analysis.

Table 1. LULC data sources used in this study.

Map	Period of Data Collection	Year of Reference	Map Scale	Geometric Accuracy of the CORINE Land Cover Inventory
Agriculture and Forestry Map-Portugal	1963–1980	1972	1:25,000	-
OrthophotoMap-Spain	1956–1957	1956	1:32,000	-
CORINE Land Cover inventory 1990	1986–1998	1990	1:100,000	100 m
CORINE Land Cover inventory 2000	1999–2001	2000	1:100,000	Better than 100 m
CORINE Land Cover inventory 2006	2005–2007	2006	1:100,000	Better than 100 m
CORINE Land Cover inventory 2012	2011–2012	2012	1:100,000	Better than 100 m

In order to have an overview of the general distributional LULC mosaic at the time of the first acknowledged shift of the fire regime in the 1970s, we analyzed the ~20–30 years before the first CORINE Land Cover inventory in 1990. For that, we used the Portuguese Agriculture and Forestry Map from the year 1972, which was already displayed with the six classes legend we used. It was provided in vectorial format by the University of Lisbon and it is not available online. We also used the Spanish OrthophotoMap from 1956, released by the Cartographic Centre of Castilla-La Mancha in raster format (<http://centrocartografico.castillalamancha.es>), and which we have processed through photointerpretation to a vectorial format using the same six classes. Because the scales of both of these latter products differ from the CORINE Land Cover inventory (Table 1), in order to avoid inconsistencies, they were used only to frame the following periods and were not applied to analyze LULC transitions.

For analyzing forest composition changes, we used the official Portuguese and Spanish National Forest Inventories established in the 1960s, which similarly enables multi-temporal analyses [71]. We used the National Forest Inventory Maps when they were available and the National Forest Inventories (NFI) when no map was available. The Centro de Ecología Aplicada ‘Prof. Baeta Neves’ (CEABN) provided the NFI and the NFI maps for the Estrela massif case study (not available online), and the Spanish Ministry of Agriculture provided the NFI Maps for the Ayllón massif case study (<https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/inventario-forestal-nacional/default.aspx>). Both Portuguese and Spanish NFI have an average interval of 10 years. All of the three available Spanish NFI are accompanied by a vectorial NFI Map with polygons (1:400,000 in 1971 to 1:50,000 in 2002), thus we used the three of them with the following years of reference: 1971, 1991, and 2002. The fourth, corresponding to 2013, remains unpublished (Table 2). The Portuguese NFI is not always accompanied by a map. The only NFI Map is for 1974. The rest of the Portuguese NFI are vectorial infopoint grids with different distance between points (~700–750 m in 1995, and 500 m in 2005), resulting from a variable number of location plots that became permanent in the fifth NFI [72]. For Portugal, the last NFI is unpublished, and the first (1964) and third (1984) NFIs are not available. Therefore, we used the three of them with the following years of reference and formats: 1974 (Map), 1995 (Infopoint grid), and 2005 (Infopoint grid). Both countries have their own legends and the number of thematic categories increased with time (Portugal: ~15 main forest categories in 1974 and ~55 forest categories in 2005; Spain: ~30 forest categories in 1971 and >100 forest categories in 2002). From all the NFI categories in all years of reference, 11 forest categories of the Portuguese NFI are present in the Estrela massif, and 19 forest categories of the Spanish NFI are present in the Ayllón massif. Additionally, 21 shrub categories are present in the Ayllón massif. We reclassified the forest categories into five new categories: *Pinus* sp., Other Conifers, *Quercus* sp., Other Broadleaved + Mixed forest, and Shrubland, plus one category of non-forest (Other) (Table S2). The Shrubland category, as well as the Other category, are used only for the analysis of the interaction of forest composition and fire in the Ayllón massif, and for that reason this category was not included in reclassification for the Estrela massif. Although they do not exactly coincide in dates, these two products (CORINE Land Cover inventory and NFI) are complementary for our study, because they coincide in 1990s–2000s providing very useful multi-temporal information about LULC and forest composition, respectively.

Table 2. National Forest Inventory data for Portugal and Spain used to characterize forest composition through time in the two massifs. “NA” means that the data is not available to use. “Dbp” means distance between the grid points.

	NFI	Period of Data Collection	Year of Reference	Format
Portugal	1st Portuguese NFI	1963–1965	1964	NA
	2nd Portuguese NFI	1968–1980	1974	Vectorial (Polygon) 1:25,000
	3rd Portuguese NFI	1980–1989	1984	NA
	4th Portuguese NFI	1990–2001	1995	Vectorial (Infopoint grid) Dbp: ~700–750
	5th Portuguese NFI	2004–2007	2005	Vectorial (Infopoint grid) Dbp: 500
	6th Portuguese NFI	2010–2015, Unpublished	2012	Unpublished
Spain	1st Spanish NFI	1967–1974	1971	Vectorial (Polygon) 1:400,000
	2nd Spanish NFI	1986–1995	1991	Vectorial (Polygon) 1:200,000
	3rd Spanish NFI	1997–2007	2002	Vectorial (Polygon) 1:50,000
	4th Spanish NFI	2008–2019, Ongoing	2013	Unpublished

Fire data: We used the Portuguese official statistical fire data (IF-ICNF), provided by Nature Conservation and Forests Institute (ICNF) since 1980 (<http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/inc/estat-sgif>) to know both fire frequency and fire perimeters in the Estrela massif. We used the Spanish official statistical fire data provided by the Agriculture Ministry from 1968 (EGIF, https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/Incendios_default.aspx) to know the fire frequency, and we used the Castilla-La Mancha autonomous community fire perimeters data (IF-CLM) provided by the Spanish Guadalajara Provincial Council since 1968 (not available online) to know the fire perimeters. Both IF-ICNF and IF-CLM data contain various fire variables, including location, burned area, and fire perimeter, with varying accuracy. However, records of fire perimeters differ. The IF-ICNF provides the perimeter for all fires since its first records in 1980, while the IF-CLM did not include fires smaller than 1 hectare. All fires larger than 1 hectare are included in these data; they were reconstructed from paper documents and corrected using satellite images and orthophotos by [73]. This means that we know the fire frequency using the EGIF (which includes fires smaller than 1 hectare, but does not include the fire perimeters), and we know the fire perimeters using the IF-CLM, although it does not include fires smaller than 1 hectare. These fires smaller than 1 hectare in Ayllón do not represent a large area (~20 hectares from 1990–2011).

In order to validate the comparison between fire databases from the two different countries, we overlapped the European Forest Fire database (EFFIS) (a satellite image-based database) [74], with the national fire databases (IF-ICNF and IF-CLM) for the period 2000–2011. The results showed that 87% of the fire perimeters match in the Estrela massif, but only 7% of fire perimeters match in the Ayllón massif (Figure S1), likely because small fires are less likely to be detected by satellites or because some parts did not burn intensely or severely enough to be detected in the satellite data. The remaining fires in both cases is not represented in the EFFIS data. Therefore, the data from the national databases is sufficiently complete and comparable for the objectives presented in this paper.

2.3. Data Analysis

The spatial scale used for the analysis was the landscape scale (see Table 1 for spatial resolution), applied to the two case study areas: the Estrela massif and the Ayllón massif. The temporal scale ranges from 1972–2012 for Estrela, and 1956–2012 for Ayllón.

We compiled, edited and geoprocessed LULC and forest composition data in the GIS ArcMap application (ESRI 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute). All the analyses of the geoprocessed data were performed in Microsoft Office Excel as follows (see Methodology flowchart, Figure S2).

First, for a general overview of the LULC distribution in the five years of reference in the Estrela and Ayllón massifs (Table 1), we calculated percentages in the total area of each of the six LULC categories in each case study area. Thus, for the Estrela massif we calculated for the years 1972, 1990, 2000, 2006 and 2012; for the Ayllón massif we calculated for the years 1956, 1990, 2000, 2006 and 2012.

Second, to understand the main LULC dynamics in both massifs, we excluded the first year of reference (1972 for Estrela and 1956 for Ayllón). We calculated the percent changes in area from 1990 (percent changes in area of each LULC category from one LULC map to the next). We grouped the dynamics into five classes (forest progressive trend, forest regressive trend, loss of agricultural land, land use stability, and other land use changes). Forest progressive trend means to change from shrubland into forest. Forest regressive trend means the opposite. Loss of agricultural land was separated as a new dynamic due to the importance of the agricultural land and pastures in these rural areas. Land use stability refers to those areas that did not change. Other land use changes class includes the change from the category Other into all other categories, as well as the change from all other categories into the Other category.

Third, we analyzed possible LULC and fire interactions by overlapping the LULC maps (1990–2000, 2000–2006, 2006–2012) and the fire perimeters for each corresponding period (1990–1999, 2000–2005, and 2006–2011) and classifying the resulting areas as Fire (F) and No Fire (NF). With these results, we then built three simple mathematical transition matrices (according to the Markov model [75]), which represent the LULC changes between the selected time periods (1990–2000, 2000–2006 and 2006–2012) for F and NF. Then, we computed a global transition matrix using the weighted average of the values of the three periods for F and NF. We used the burned area for each LULC category in each period as the weighting factor for F.

Fourth, we used Manly's selectivity index [76] to assess which LULC categories were more likely or less likely to burn than their area would suggest. We compared the area of each LULC category that burned (within the total burned area of all LULC categories), and the area of the same LULC category available before the fire (within the total area of all LULC categories). Thus, for each LULC category we used:

$$\alpha_i = \frac{\text{Burned area of LULCcategory}_i / \text{Total burned area}}{\text{Area of LULCcategory}_i / \text{Total area}}$$

If this index is higher than 1, we interpreted this as fire was selective for a LULC category because the proportion of the burned area of that LULC category was higher than the proportion of the available area of the same LULC category. Conversely, if it is lower than 1, it means that fire did not showed selectivity for that LULC category.

Lastly, using only the case study of the Estrela massif, where major changes occurred, we used simple linear regressions to explore the possible relationships between percent change in the main LULC categories (shrubland, forest, and agriculture and agroforestry) and percent area burned in the corresponding category, for the 1990–2000, 2000–2006, and 2006–2012 periods. The burned area in the Ayllón massif case study is too small to successfully perform the same exploration.

In order to overcome the fact that maybe some changes are not apparent due to the aggregation of the forest LULC category, we then investigated the forest composition (FC) within the forest LULC category. Although the NFI varied in format and scale, the comparison of FC between the two massifs using percentages is reasonable. For the Portuguese FC in the three years of reference (1974, 1995, and 2005), we calculated percentages of points within the total area of each of the four FC categories (shrubland category not included). For the Spanish FC in three years of reference (1971, 1991, and 2002), we calculated percentages in the total area of each of the four FC categories. To analyze the interaction between FC and fire, we focused only on the Ayllón case study area, because the associated

NFI Maps enabled this. The burned area is not very large, thus we joined the categories *Pinus* sp. and Other Conifers into one broader category that is Conifers. Similarly, we joined the category *Quercus* sp. and Other Broadleaved + Mixed forest into one broader category that is Broadleaved + Mixed forest. The method was the same as used for LULC and fire interaction analysis, but using the NFI Maps instead, and considering two time periods according to the dates of the Spanish NFI Maps: 1971–1991 and 1991–2002. In addition, the correspondent periods of burned area used were, respectively, 1971–1990 and 1991–2001. Likewise, we compared the area of each FC category burned and the area of the same FC category available before the fire for the Ayllón massif, using the same selectivity index previously explained for LULC (see Methodology flowchart, Figure S2). Finally, following the same method applied to LULC explained above, two transition matrices were built, representing the FC changes between the selected time periods (1971–1991 and 1991–2002) for burned (F) and unburned (NF) in the Ayllón massif.

3. Results and Discussion

3.1. Land Use/Land Cover Changed through Time

LULC over time differed between the two ends of the Central Mountain System. In the Estrela massif, there was a small decrease in forest and a similar increase in shrubland for the 1972–2012 period (Figure 2A). In this massif, shrubland was the most extensive LULC category as it represented more than 50% of the total area during all years analyzed. Forest LULC was also abundant (more than 17% in all years), with agriculture and agroforestry (more than 10% in all years) and pastures (less than 4% in all years) also present. In 1972, 31% of the Estrela massif was forested, which is confirmed by official reforestation reports for 1970s [77]. Conversely, trends were not linear in the Ayllón massif. Until the end of the 20th century, shrubland area increased slightly, but after the year 2000, there was a sharp decrease of shrubland area, along with an increase in forest and pasture in 1990–2000 (Figure 2B). The most extensive LULC category in this massif was shrubland until 2000 (~55% in all years until 2000), and forest after 2000 (38% after 2000), followed by pastures (~9% until 2000 and 23% after 2000), and agriculture and agroforestry (less than 7% in all years).

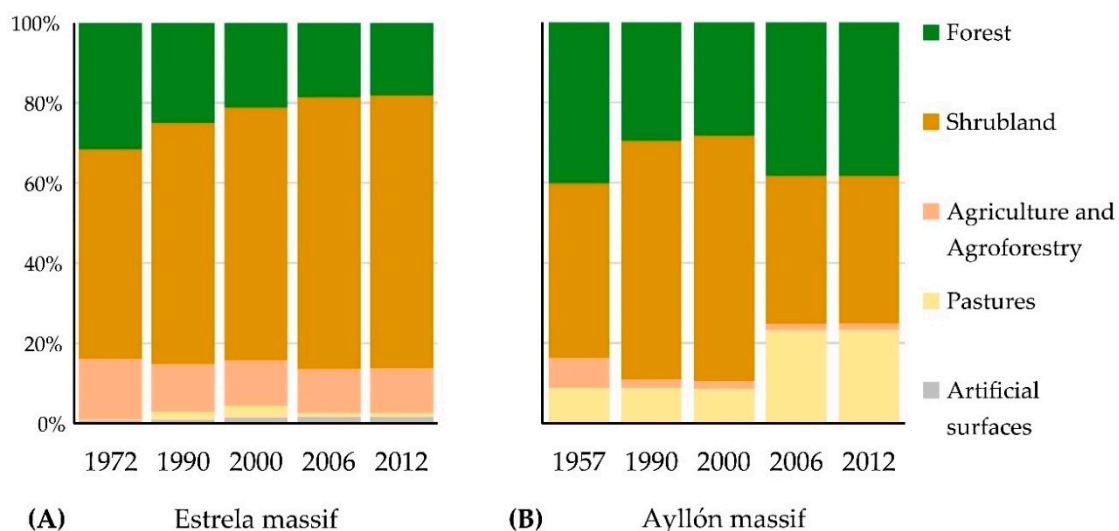


Figure 2. LULC (percent of total land area) in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B) in the second half of the 20th century.

The striking difference between the two massifs is that agriculture and agroforestry areas (corresponding to non-irrigated arable land) were more extensive in the Estrela massif, while pastures were always more important in the Ayllón massif. Such difference in LULC reflects the dissimilar socio-economic backgrounds. In Estrela, the system was based more on agriculture and agroforestry,

while in Ayllón cattle grazing for meat production dominated [78,79]. LULC changes in both areas reflect the socio-economic outcomes of the post-World War II years, which in Portugal were very much linked to the stability or slight increase of agriculture areas until the 1970s (Figure 2A). These changes in agriculture areas were accompanied by a modernization of the rural areas (markets opening, agriculture mechanization, new fertilizers and feed-grain became available), as well as, by an exodus of residents from rural areas [80]. Through the 1970s, pasture-related activities and animal production decreased in the whole country and the poorer pasture areas were abandoned [81]. In Estrela in 1972 there is very little area of pastures (Figure 2A). In the wake of the first oil crisis in 1973, the economic growth slowed, as did the rural abandonment in Portugal, with exception to the mountain areas, as the Estrela massif, which kept this rural abandonment trend [82]. Around the same time, and as a result of the 1974 Carnation Revolution, the mass repatriation of people after the independence of the former Portuguese African colonies could have helped to raise the human population in the Estrela massif, as it did in many areas of Portugal [83], but actually it could not stop the declining trend started around the 1960s [61]. Our results show that the agriculture and agroforestry areas did not vary much in extent. The increase in the area of pastures could only reflect more available land due to land abandonment because the number of shepherds decreased more than 50% between 1970s and 2012, as did the number of livestock in Estrela [84]. The Ayllón massif, being Spanish, reflected different socio-economic outcomes. Here, the decrease of agriculture and agroforestry areas until 2000 (Figure 2B) is explained by the selective reduction of agriculture areas that happened all over Spain as land was abandoned [85], and continued human population loss in the Ayllón massif [62]. The increase in pasture areas was an outcome of the change in the livestock agro-business models (e.g., more cows and less goats) boosted by the large size of the common properties that characterize this massif [86]. Both Estrela and Ayllón share the Common Agricultural Policy membership and EU membership of their respective countries since 1986, whose policies started being fully evident after 1990 in the decline in the value of the forest resources [87]. Estrela, having been characterized by family farming and smallholdings, was more shaken by these two changes than was Ayllón. Therefore, Estrela maintained a small-scale production of traditional sheep cheese and started focusing on the tertiary sector of the economy, with predominance for rural tourism, whereas, besides the focus on tourism and a weaker tertiary sector, Ayllón also specialized in open range cattle grazing for meat production [88]. New market conditions led to adaptation in the rural system in the Ayllón massif. In the face of the land abandonment that happened in both massifs, there were different observed trends concerning shrubland: increase of shrubland area in Estrela during all the years analyzed (as verified in other Mediterranean landscapes [89]), and the turnaround of this increasing trend after 2000 in Ayllón.

During the second half of the 20th century, LULC in the Estrela massif was more stable than in the Ayllón massif (~86% of land use stability in Estrela and ~82% of land use stability in Ayllón). This is in line with the national trend of the two respective countries as LULC in Portugal was more stable compared to Spain [90]. Also in agreement with the national trends, the leading LULC changes in the Estrela massif were directly related to forests [68,91], with forest regression higher than its progressive development (for the 1990–2000 and 2000–2006 periods, more than 30% of forest transitioned to shrubland) (Figure 3A). This same trend of forest regression can be seen in the Ayllón massif, especially between 2000 and 2006, when much of the forest transitioned to shrubland and pastures, and when much shrubland area transitioned to pastures (Figure 3B). On the other hand, forest area increased as a result of the national reforestation efforts in Portugal and in Spain in the mid-20th century, carried out for hydrological-woodland restoration and erosion control in the upper parts of watersheds, and fast wood production of *Pinus* sp. stands elsewhere [92]. In both Estrela and Ayllón, these extensive, reforestation efforts were carried out by the respective Portuguese and Spanish Forest Administrations through land acquisition, expropriation or occupation [93,94]. In both massifs, reforestation resulted in less land available for grazing livestock, which caused considerable social troubles for the local people, and ultimately limited reforestation to less than originally planned [67].



Figure 3. LULC dynamics in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B) in the second half of the 20th century. Tables are read from line (where it is written “From”) to column (where it is written “To”), and each line sums 100% for each period. Values in the tables are the percentages of the area that remain in the same vegetation class or change from one period to the next. Note that the individual columns for each LULC represent each of the three time periods (1990–2000, 2000–2006, and 2006–2012).

The loss of agricultural land between 2000 and 2006 occurred in both massifs, which may have been associated with the EU policies and with land degradation [95–97]. Between 2000 and 2006 in Estrela, 66% of pastures changed into shrubland, while in Ayllón, 28% of agriculture and agroforestry, and 20% of pastures, changed into shrubland (Figure 3). A loss of agricultural land followed by natural and artificial reforestation existed in both study areas, except in the period 2006–2012 when the massifs were characterized by landscape stability (Figure 3). This conversion from agriculture land into forest, when for economic advantages, is one of the acknowledged reasons for forest transition [98]. If, in one hand, forest transition is confirmed for the Ayllón massif [99], our results for Estrela (only 2%–6% of change from agricultural land into forest) indicate that forest transition is not relevant. In fact, Oliveira et al. [54] confirms our results, having found that even from earlier, from the 1970s–2006, the Estrela massif had areas where forest transition did not exist or had failed.

3.2. Fire and Land Use/Land Cover Are Related

In Estrela, for the 1990–2011 period, 5796 fires were recorded with a total burned area of ~44 thousand hectares (Figure 4A). Approximately 723 hectares of that total area burned in fires smaller than 1 hectare equally distributed between the three time periods. In Ayllón, for the same 1990–2011 period, only 142 fires were recorded, with a total burned area of 2636 hectares (Figure 4B). The annual fire frequency and burned area were not linear through 1990–2011, the years 1994 and 1995 corresponded to a peak in the fire frequency in Estrela, and a peak in the burned area in Ayllón, as in the entire Iberian Peninsula [28]. The IF-ICNF database also provide us the information about the major cause of fires being accidental in Estrela, mostly related with agroforestry and agriculture. The major cause of fires in Ayllón was lightning, followed by accidental ignition related with agriculture, according to the Spanish national forest fire database. Fire causes related with agriculture activities in both massifs are not surprising, because previous studies have shown this cause as the most frequent

in rural areas in Spain and in Portugal [100–103], as it is also investigated the high rate of fire by lightning in the Northern west area of the Ayllón massif [104,105]. It is, however, interesting, that fire activity has developed along such distinct paths in the two massifs, with Estrela having a much higher number of fires and area burned. The reasons for this difference will be discussed later in the text. Nevertheless, it can be pointed out at this stage that both massifs had wildfires larger than 500 hectares before the year 2000, which according to literature points to, inter alia, the changes in LULC and population distribution of the earlier years [2,106]. After 2000, fires in the Ayllón massif were smaller, matching smaller LULC changes in this time period (Figure 3). We know that after 2000 the human population declined in both Estrela and Ayllón. It may suggest that the greater decline in both people and agriculture in Estrela may accounts for the increase in area burned and likely the larger fires (after 2000, 2764 hectares was the maximum fire size in Estrela and 549 hectares was the maximum fire size in Ayllón) (Figure 4). Others have found that the role of the wildfires drivers change over time and scale [45,52], which had led us to explore the relation between burned area and LULC at the landscape scale of these two massifs through three different time periods.

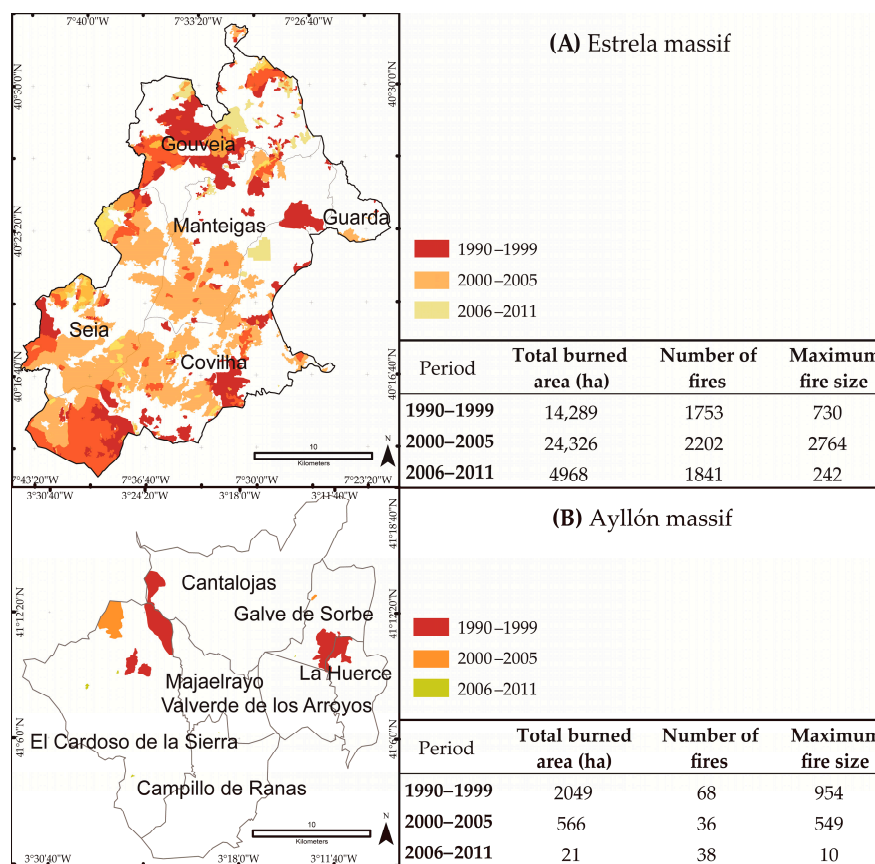


Figure 4. Fire characteristics and burned area for the 1990–1999, 2000–2005, and 2006–2011 periods in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B).

In the Estrela massif, fires occurred selectively in areas of shrubland, pastures, and forest (Figure 5A). Between 1990 and 2000 all three of them were similarly burned, between 2000 and 2006 only shrubland and pastures were similarly burned, and between 2006 and 2012 shrubland areas were the only LULC category preferentially burned. While not statistically significant, as it is based on only three transitions, there seems to exist a positive association between shrubland and fire in the Estrela massif, because even when the burned area was small in one time period, shrubland area increased in that same time period (Figure 5C). Similarly, the associations between fire and both the forest and agriculture and agroforestry LULCs seem to be negative, with fire decreasing the original areas of these

LULC categories as other authors also confirmed for forests [52]. In Ayllón, fire also occurred selectively in areas of shrubland, pastures, and forest (Figure 5B), but the LULC category that burned the most varied in each period. Between 1990 and 2000 it just occurred selectively in forest, between 2000 and 2006 it just occurred selectively in shrubland, and between 2006 and 2012 it occurred selectively in pastures and shrubland. In this massif there were not continuing trends and fire seems to have become less selective than in the Estrela massif. In general, results are consistent with previous studies suggesting that shrubland and pastures are more fire prone than agriculture [23,40,107], and that forests are less fire-prone with time in Spain [52]. There was an interesting difference between the two massifs: until 2006, fire occurred selectively in pastures only in Estrela, and after 2006 it occurred selectively in pastures only in Ayllón (Figure 5A,B). On the one hand, in Central Spain pastures tended to burn more as time goes [52]. On the other hand, pastures selectivity differences are likely explained by the association between fire and livestock activities. In the Ayllón massif, the number of livestock units (according to the census of agriculture [108,109]) and area of pastures are both higher than in Estrela, which could limit the amount of available fuel to burn making fire less needed for managing pasture vegetation. Conversely, in Estrela, where there is less livestock units, there is a higher rate of fuel accumulation and more burning is needed to maintain pastures. This view is supported by fire-smart management strategies, either by prescribed burning linked with the pastoral activities [110,111] and by livestock husbandry of ruminant animals [112,113], and highlights the importance of the different socio-economic contexts.

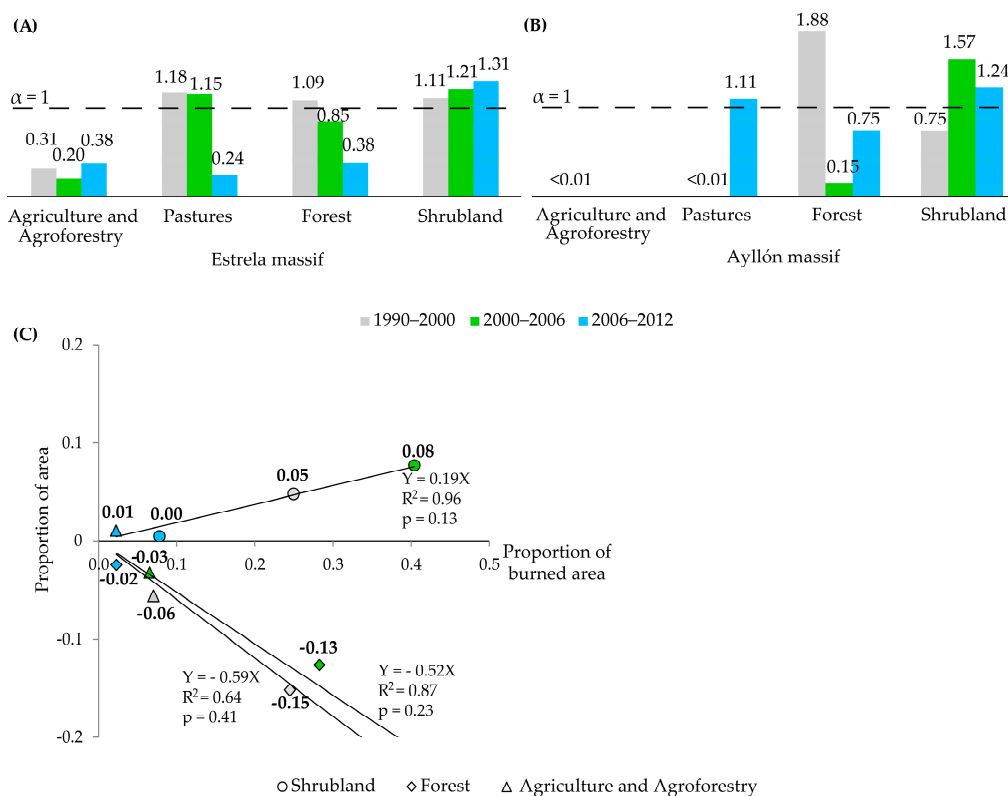


Figure 5. Fire selectivity index, based on Manly’s index [76], in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B), and simple linear regression of the relationships between the main LULC categories (shrubland represented by the circle, forest represented by the rhombus, and agriculture and agroforestry represented by the triangle) and burned area in the Estrela massif: proportion of LULC category area increased (positive numbers) or decreased (negative numbers) vs. proportion of burned area (C). The color code is the same for A, B and C.

Our results suggest that fire is associated with LULC changes, which is in line with other studies (e.g., [13]). In the Estrela massif, the shrubland area increased with area burned, regardless of the initial

LULC category. Moreover, the outcome of fire absence was a slight increase in the forest area in all LULC categories except forest (Figure 6A). In Ayllón, fire absence seems to have had the same effect that it had in Estrela, because here there was also an increase in forest, and fire likely favored the increase in shrubland (Figure 6B). On the other hand, in Ayllón, pasture areas have increased, transitioning from all LULC categories without fire, possibly in relation to human activities favoring pasture areas. It differs from Estrela, where many pastures were abandoned and converted to shrubland, likely not because of fire, but because of less livestock grazing activities. In both massifs, the decrease in forest area coincided with burning, and shrubland dominated with or without fire. We conclude that for the 1990–2000 period, when fire occurred selectively in forest in both massifs, the transition from forest to shrubland was caused largely by fire. This dynamic of forest regression supports the linkage between reforestations and fire suggested by various authors [54,114,115], because the areas burned between 1990 and 2000 were often those reforested in the previous decades. With less area of pastures and agriculture, the landscapes were fire-prone. Our results suggest that after 2000, area burned was not directly related to burning of forest area anymore, but was still a result of the reforestations, by the high flammability of shrubland resulting also from forest conversion. Thus, we think that fire associated with the socio-economic context were likely important drivers of LULC changes in Estrela and in Ayllón, similar to what has been shown for the broader Mediterranean region [4,116,117]. Likewise, in accordance to previous studies [2,13,32–36], we found evidence that burned area influenced (positive or negative) LULC. This was likely a two-directional relation, because we also found that each LULC category burned differently, and that mosaics composed of more patches of agriculture (in Estrela), and agriculture and pastures (in Ayllón), were less likely to burn as has been suggested for other areas because fuel is not continuous [37–40].

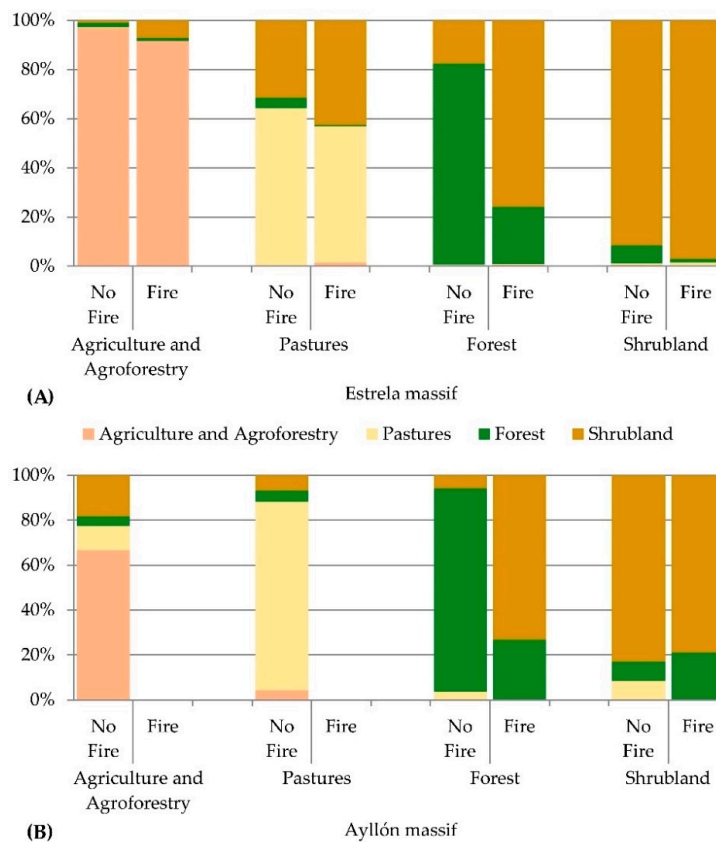


Figure 6. LULC transitions in areas with and without fire in 1990–2012 (weighted average of burned area for the 1990–2000, 2000–2006, and 2006–2012 periods), in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B).

3.3. Forest Composition Changed through Time, and Fire and Forest Composition Are Related

FC distribution over time varied between the two ends of the Central Mountain System. In the Estrela massif, most forests were dominated by *Pinus*, while in the Ayllón massif forests were dominated by *Pinus* and *Quercus* (Figure 7). Our results showed that as forest area decreased until 2005 in the Estrela massif, there was less *Pinus* and more *Quercus* and Other broadleaved, namely, *Eucalyptus* (Figure 7A). The large reforestation in the Estrela massif that started in the first decades of the 20th century used *Pinus pinaster* as the main species [118]. Later, around 1989, stands started being replaced by other *Pinus* species, *Quercus*, *Castanea*, *Fagus* and other tree species [94], but *Pinus* stands remained dominant over most of the forest area. As discussed in the above section, from 1990 there was in Estrela a decrease in the fire selectivity of forest, which may be connected with the change in forest composition. The FC in the Estrela massif has two kinds of stands that are in opposite sides of fire proneness: *Pinus* forests, which are very prone to change due to fire; and, *Quercus* stands, which are characterized by lower flammability [55,119]. *Pinus* dominated most of the forest area in the Estrela massif in all times, but the decrease in conifers and increase in broadleaved may have been one of the triggers to reduce fire selectivity of forest LULC category. Although this assumption seems coherent with the literature [23,37], we cannot confirm it because the format of the forest composition data in Estrela (grid points) does not allow overlapping FC and burned areas.

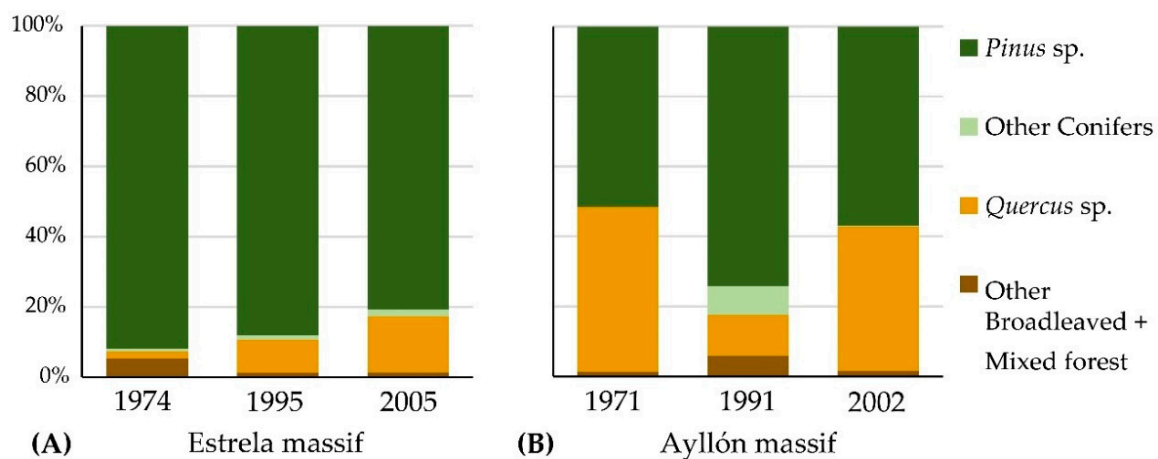


Figure 7. Forest composition (percent of total land area) in the Estrela massif (A) and in the Ayllón massif (B).

In Ayllón, FC changed between 1971 and 2002. For the 1971–1991 period, *Pinus* increased, but in the following period, FC almost returned to its original composition (Figure 7B). Here the reforestation was carried out mainly with *Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster* and *Pinus nigra* in continuous and solid mono-specific stands, and at the same time, fire was forbidden as a management tool [120]. These new stands started competing with the prior *Quercus* stands that were very well adapted to the site and in some places the reforestation was not successful. Reforestation resulted in simple stand structure and homogeneity was enhanced, which increased the wildfire risk [52,121–123].

When we analyzed fire selectivity in the Ayllón massif in the two wider classes of FC (Broadleaved + Mixed forest and Conifers), our results showed that between 1971 and 1991, conifers was the only forest category selected by fire and its index was high (2.20) (Figure 8A). Nevertheless, it is curious that in 1971 nearly half of the total area was broadleaved (*Quercus*) and this category was not selected at all by fire (Figure 7B), but this result is consistent with the literature that refers to the higher flammability of conifers compared to broadleaved or mixed forests [20,124,125]. After that, for the 1991–2002 period, which coincides with the higher selectivity index for forest compared to other LULC categories (Figure 5B), both conifers and broadleaved + mixed forest were equally selected by fire. Likely because fires in this period were larger (see maximum fire size in Figure 4B), the selectivity of

fire decreased [23,37]. Concerning the FC changes, fire decreased broadleaved stands and increased conifers and shrubland areas in original areas of broadleaved between 1971 and 2002 (Figure 8B). In the original areas of conifers, fire promoted an increase in conifers compared with the no fire situation for the 1971–1991 period. After 1991, fire promoted transitions to other categories other than forest. The fact that until 2002, according to our results, conifers changed much less than broadleaved may suggest that conifers were more fire-adapted and more resilient in Ayllón than broadleaved, which is also in accordance with literature [110].

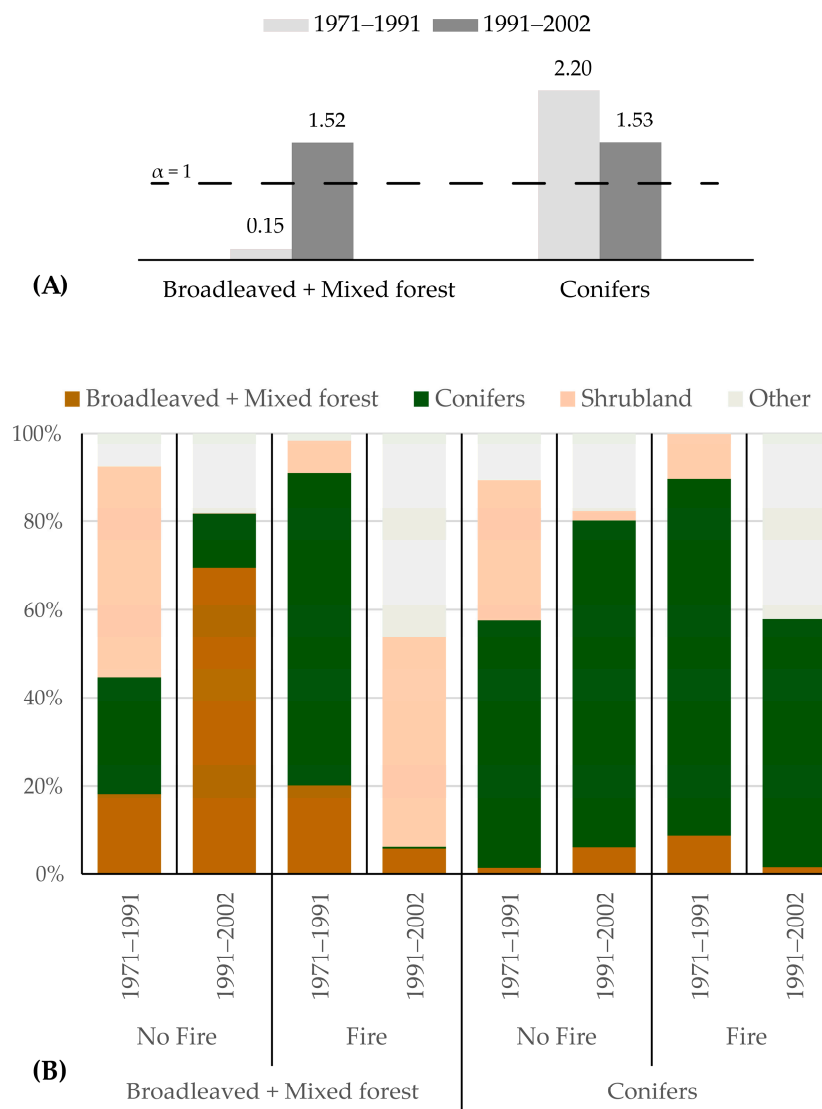


Figure 8. Fire selectivity index in the Ayllón massif, based on Manly’s index [76] (A) and Forest composition transitions in areas with and without fire in the Ayllón massif for the 1971–1991 and 1991–2002 periods (B). Here, we joined *Quercus* sp. plus Other Broadleaved + Mixed forest in one bigger class named “Broadleaved + Mixed forest”, and we joined *Pinus* sp. plus Other conifers in another bigger class named “Conifers”.

Overall, our results were in accordance with other studies that focused on LULC changes and fire in the mountainous areas of the Mediterranean Basin, especially in the Iberian Peninsula (e.g., [13]). Others highlighted the outcomes of the processes of human population decline in rural areas; coercive reforestations carried out above all in common lands, municipal lands, and pasturelands; change of the markets demands after entering the EU; and land abandonment. Fire was important in both massifs and the changes in landscape are associated with different drivers of fire in different time periods as

suggested by Viedma et al. for another massif within the Central Mountain System [52]. Changes in the traditional rural system and the development of the tertiary sector of the economy, including the tourism requirements, have likely played a major role in the contrasting fire regimes in these two massifs. The increased area of shrubland in Estrela, and its decrease in Ayllón, associated with a higher fire frequency and larger fires, may indicate that fires likely have contributed to a less resilient forest in the Estrela massif when compared to the Ayllón massif [13]. While the new rural system in Ayllón is still somehow connected with the old traditional activities (livestock grazing), in Estrela the more developed area belongs to the tertiary sector, which is far from the old traditional activities. This highlights how two areas belonging to the same region and subjected to successive changes imposed by their socioeconomic exterior context (national and European) had developed differently.

3.4. Value, Limitations and Future Research

LULC influenced and was influenced by fire in Estrela and in Ayllón. Knowing that there is a striking difference in fire frequency in both massifs, we focused on the burned area and we found that LULC changes are likely strongly related to fire, and both were influenced by national and European policies (e.g., reforestations and becoming members of the European Union). The two massifs had similar relationships between vegetation and fire, but the relative importance of LULC and fire reflected the different social contexts as well as the long-term history of differing land uses in the two case study areas. Despite not addressing climate, which likely influenced both fire and LULC, this recent historical perspective and comparative case study approach was useful for making inferences about fire and landscape change based on empirical, descriptive data and therefore elucidating complex relationships [126]. We cannot attribute cause and effect based on this descriptive and empirical analysis, but the similarities within these case studies and broader regional and national studies lends credibility to our conclusions (e.g., [13,27]). Unfortunately, we cannot further investigate the current forest composition dynamics, because the latest NFI data have not been updated recently. Future research needs a closer perspective to understand the local social influences on fires and landscapes. Our work can inform fire and ecosystem management in the Iberian Peninsula, which is valuable considering that there is still a lack of coordination of fire policies across the Portuguese and Spanish borders [127,128]. In particular, the understanding of the interconnections between fire regimes and landscape changes can inform fire managers on the likely effects of altering fire regimes on the landscape and inform landscape planners on the likely effect of altering landscapes on the fire regimes. The local impacts of different historical fire management policies, historical land management policies and historical protection guidelines, as well as the phenomena of the rural exodus and land abandonment in each of these two inner mountain areas are definitely worth to explore in order to better understand the disparity of fire occurrence in these two case study areas [14,49,89,128,129].

4. Conclusions

In the Central Mountain System, there has been a dynamic and close interaction between LULC and fire since the second half of the 20th century. Using a landscape scale of empirical analysis, we were able to validate our initial hypotheses. We found that (1) fire likely affected LULC transitions and that (2) LULC influenced fire selectivity as different LULC categories had different fire proneness in both the Estrela and Ayllón massifs. There was a close resemblance in both case study areas in what concerns the overall influence of fire in the LULC transitional processes, but pasture areas differed (less prone to change to other categories, and more prone to transition from other categories in Ayllón than in Estrela), highlighting the different social-ecological systems of the two case study areas. Future work should further explore other forces driving current and historical fire frequency, particularly the climate and the social factors that will likely explain the differences found for two areas with regional and biophysical similarities. Our results suggest that LULC dynamics and fire are mostly affected by local scale disturbances, and that both can be influenced by regional and national policies. Given these

multiple interactions, careful planning and conscious fire management are important for obtaining local results.

Supplementary Materials: The following are available online at <http://www.mdpi.com/2571-6255/2/3/45/s1>. Table S1. CORINE land cover (CLC) categories and nomenclature, and our reclassification of the CLC into the six LULC new classes; Table S2. National Forest Inventories (NFI) nomenclatures and reclassification of the NFIs into the five Forest composition (FC) categories we analyzed; Figure S1. Comparison of National fire databases (fire records) with European Forest Fire database (EFFIS) (a satellite image-based database) in 2000–2011; Figure S2. Methodology flowchart.

Author Contributions: Conceptualization: F.C.R., C.M.-M. and C.R.S.; Formal analysis: C.R.S., F.C.R. and C.M.-M.; Funding acquisition: C.M.-M.; Investigation: C.R.S.; Methodology: C.M.-M., F.C.R. and C.R.S.; Project administration: C.M.-M.; Supervision: F.C.R., C.M.-M. and P.M.; Writing of original: C.R.S.; Review and editing: C.M.-M. and P.M.

Funding: This research was funded by the Spanish Science Ministry (grant number BES-2014-068696), and by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness (National Research Projects Program), grant numbers CSO2013-44144-P and CSO2017-87614-P.

Acknowledgments: We thank the Spanish Ministry of Agriculture and the Government of Castilla-La Mancha for the forest fire databases provided. We are grateful to L. Vilar, the four anonymous reviewers and the review editor for their constructive comments on earlier versions of the manuscript.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Fernández, D.; Corbelle, E. Cambios en los usos de suelo en la Península Ibérica: Un meta-análisis para el período 1985–2015. *Rev. Bibliográfica Geogr. Ciencias Soc.* **2017**, *21*, 215.
2. Moreira, F.; Viedma, O.; Arianoutsou, M.; Curt, T.; Koutsias, N.; Rigolot, E.; Barbati, A.; Corona, P.; Vaz, P.; Xanthopoulos, G.; et al. Landscape—wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management. *J. Environ. Manag.* **2011**, *92*, 2389–2402. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Rego, F.C. Land use changes and wildfires. In *Responses of Forest Ecosystems to Environmental Changes*; Teller, A., Mathy, P., Jeffers, J.N.R., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands; Luxembourg, 1992; pp. 367–368. ISBN 978-94-011-2866-7.
4. Silva, J.S.; Vaz, P.; Moreira, F.; Catry, F.; Rego, F.C. Wildfires as a major driver of landscape dynamics in three fire-prone areas of Portugal. *Landscape Urban Plan.* **2011**, *101*, 349–358. [[CrossRef](#)]
5. Meneses, B.; Reis, E.; Pereira, S.S.; Vale, M.J. Understanding driving forces and implications associated with the land use and land cover changes in Portugal. *Sustainability* **2017**, *9*, 351. [[CrossRef](#)]
6. Plieninger, T.; Draux, H.; Fagerholm, N.; Bieling, C.; Bürgi, M.; Kizos, T.; Kuemmerle, T.; Primdahl, J.; Verburg, P.H. The driving forces of landscape change in Europe: A systematic review of the evidence. *Land Use Policy* **2016**, *57*, 204–214. [[CrossRef](#)]
7. Vilar, L.; Camia, A.; San-Miguel-Ayanz, J.; Martín, M.P. Modeling temporal changes in human-caused wildfires in Mediterranean Europe based on land use-land cover interfaces. *For. Ecol. Manag.* **2016**, *378*, 68–78. [[CrossRef](#)]
8. Paniagua, A.; Hoggart, K. The restructuring of rural Spain? *J. Rural Stud.* **2001**, *17*, 63–80.
9. Viedma, O.; Moity, N.; Moreno, J.M. Changes in landscape fire-hazard during the second half of the 20th century: Agriculture abandonment and the changing role of driving factors. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2015**, *207*, 126–140. [[CrossRef](#)]
10. Montiel-Molina, C. *Presencia Histórica Del Fuego En El Territorio*; Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA): Madrid, Spain, 2013; ISBN 978-84-491-1289-8.
11. García Novo, F.; Casal, M.; Pausas, J.G. *Ecología De La Regeneración De Zonas Incendiadas*; Academia de Ciencias Sociales y del Medio Ambiente de Andalucía: Sevilla, Spain, 2018; ISBN 978-84-09-05946-1.
12. Gallardo, M.; Gómez, I.; Vilar, L.; Martínez-Vega, J.; Martín, M.P. Impacts of future land use/land cover on wildfire occurrence in the Madrid region (Spain). *Reg. Environ. Chang.* **2016**, *16*, 1047–1061. [[CrossRef](#)]
13. Viedma, O.; Moreno, J.M.; Rieiro, I. Interactions between land use/land cover change, forest fires and landscape structure in Sierra de Gredos (Central Spain). *Environ. Conserv.* **2006**, *33*, 212–222. [[CrossRef](#)]
14. Nunes, A.; Lourenço, L.; Meira, A.C. Exploring spatial patterns and drivers of forest fires in Portugal (1980–2014). *Sci. Total Environ.* **2016**, *573*, 1190–1202. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

15. Martínez de Pisón, E.; Molina Holgado, P. Diversidad del paisaje natural. In *La Diversidad Biológica De España*; Pineda, F.D., Ed.; Prentice Hall: Madrid, Spain, 2002; pp. 33–44. ISBN 9788420535159.
16. Janssen, C.R.; Woldringh, R.E. A preliminary radiocarbon dated pollen sequence from the Serra da Estrela, Portugal. *Finisterra* **1981**, *16*, 299–309. [[CrossRef](#)]
17. Ribeiro, C.; Delgado, J.N. *Relatório Acerca Da Arborisação Geral Do Paíz Apresentada A Sua Excellencia O Ministro Das Obras Publicas, Commercio E Industria Em Resposta Aos Quesitos do Artigo 1o Do Decreto De 24 de Setembro de 1867*; Typographia da Academia Real das Sciencias: Lisboa, Portugal, 1868.
18. Caetano, M.; Marcelino, F. *CORINE Land Cover de Portugal Continental 1990-2000-2006-2012-Relatório Técnico*; Direção-Geral do Território (DGT): Lisboa, Portugal, 2017.
19. Watson, R.T.; Noble, I.R.; Bolib, B.; Ravindranath, N.H.; Verardo, D.J.; Dokken, D.J. *Land Use, Land-Use Change and Forestry: A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2000*; Cambridge University Press: London, UK, 2000.
20. Silva, J.; Moreira, F.; Vaz, P.; Catry, F.; Ferreira, P. Assessing the relative fire proneness of different forest types in Portugal. *Plant Biosyst.* **2009**, *143*, 597–608. [[CrossRef](#)]
21. Meneses, B.; Reis, E.; Reis, R. Assessment of the recurrence interval of wildfires in mainland Portugal and affected LUC patterns identification. *J. Maps* **2018**, *14*, 282–292. [[CrossRef](#)]
22. Marques, S.; Borges, J.G.; Garcia-Gonzalo, J.; Moreira, F. Characterization of wildfires in Portugal. *Eur. J. For. Res.* **2011**, *130*, 775–784. [[CrossRef](#)]
23. Nunes, M.C.S.; Vasconcelos, M.J.; Pereira, J.M.C.; Dasgupta, N.; Alldredge, R.J.; Rego, F.C. Land cover type and fire in Portugal: Do fires burn land cover selectively? *Landsc. Ecol.* **2005**, *20*, 661–673. [[CrossRef](#)]
24. Postigo-Mijarra, J.M.; Génova, M.; Gómez-Manzaneque, F.; Martínez-García, F.; Morla, C.; Vegas, J.; Perucha, M.Á. Occurrence of continuous Holocene pinewoods (*Pinus sylvestris* L.) in the Eastern Central System (Spain) inferred from macroremains. New data from the Sandria site. *Rev. Palaeobot. Palynol.* **2017**, *246*, 70–84. [[CrossRef](#)]
25. Franco Múgica, F.; García Antón, M.; Maldonado Ruiz, J.; Morla Juaristi, C.; Sainz Ollero, H. Evolución de la vegetación en el sector septentrional del macizo de Ayllón (Sistema Central). Análisis polínico de la turbera de Pelagallinas. *An. del Jardín Botánico Madri* **2001**, *59*, 113–124.
26. Gómez de Mendoza, J.; Mata, R. Actuaciones forestales públicas desde 1940. Objetivos, criterios y resultados. *Agric. Soc.* **1992**, *65*, 15–64.
27. Montiel-Molina, C.; Karlsson-Martín, O.; Galiana-Martín, L. Regional fire scenarios in Spain: Linking landscape dynamics and fire regime for wildfire risk management. *J. Environ. Manag.* **2018**, *233*, 427–439. [[CrossRef](#)]
28. Moreno, M.V.; Conedera, M.; Chuvieco, E.; Pezzatti, G.B. Fire regime changes and major driving forces in Spain from 1968 to 2010. *Environ. Sci. Policy* **2014**, *37*, 11–22. [[CrossRef](#)]
29. Pausas, J.G.; Fernández-Muñoz, S. Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: From fuel-limited to drought-driven fire regime. *Clim. Chang.* **2012**, *110*, 215–226. [[CrossRef](#)]
30. Silva, J.M.N.; Moreno, M.V.; Le Page, Y.; Oom, D.; Bistinas, I.; Pereira, J.M.C. Spatiotemporal trends of area burnt in the Iberian Peninsula, 1975–2013. *Reg. Environ. Chang.* **2018**. [[CrossRef](#)]
31. Jiménez-Ruano, A.; Rodrigues Mimbbrero, M.; De La Riva Fernández, J. Exploring spatial–temporal dynamics of fire regime features in mainland Spain. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2017**, *17*, 1697–1711. [[CrossRef](#)]
32. Pausas, J.G. Simulating Mediterranean landscape pattern and vegetation dynamics under different fire regimes. *Plant Ecol.* **2006**, *187*, 249–259. [[CrossRef](#)]
33. Fernandes, P.; Luz, A.; Loureiro, C.; Ferreira-Godinho, P.; Botelho, H. Fuel modelling and fire hazard assessment based on data from the Portuguese National Forest Inventory. *For. Ecol. Manag.* **2006**, *234*, S229. [[CrossRef](#)]
34. Nunes, A.N. Regional variability and driving forces behind forest fires in Portugal an overview of the last three decades (1980–2009). *Appl. Geogr.* **2012**, *34*, 576–586. [[CrossRef](#)]
35. Martínez-Fernandéz, J.; Vega-garcía, C.; Chuvieco, E. Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. *J. Environ. Manag.* **2008**, *90*, 1241–1252. [[CrossRef](#)]
36. Rego, F.; Louro, G.; Constantino, L. The impact of changing wildfire regimes on wood availability from Portuguese forests. *For. Policy Econ.* **2013**, *29*, 56–61. [[CrossRef](#)]
37. Barros, A.M.G.; Pereira, J.M.C. Wildfire selectivity for land cover type: Does size matter? *PLoS ONE* **2014**, *9*, e84760. [[CrossRef](#)]

38. Moreira, F.; Vaz, P.; Catry, F.; Silva, J.S. Regional variations in wildfire susceptibility of land-cover types in Portugal: Implications for landscape management to minimize fire hazard. *Int. J. Wildland Fire* **2009**, *18*, 563–574. [[CrossRef](#)]
39. Sebastián-López, A.; Salvador-Civil, R.; Gonzalo-Jiménez, J.; SanMiguel-Ayanz, J. Integration of socio-economic and environmental variables for modelling long-term fire danger in Southern Europe. *Eur. J. For. Res.* **2008**, *127*, 149–163. [[CrossRef](#)]
40. Moreno, J.M.; Viedma, O.; Zavala, G.; Luna, B. Landscape variables influencing forest fires in central Spain. *Int. J. Wildland Fire* **2011**, *20*, 678–689. [[CrossRef](#)]
41. Verdú, F.; Salas, J.; Vega-García, C. A multivariate analysis of biophysical factors and forest fires in Spain, 1991–2005. *Int. J. Wildland Fire* **2012**, *21*, 498. [[CrossRef](#)]
42. Martínez-Fernández, J.; Chuvieco, E.; Koutsias, N. Modelling long-term fire occurrence factors in Spain by accounting for local variations with geographically weighted regression. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2013**, *13*, 311–327. [[CrossRef](#)]
43. Moreira, F.; Catry, F.X.; Rego, F.; Bacao, F. Size-dependent pattern of wildfire ignitions in Portugal: When do ignitions turn into big fires? *Landsc. Ecol.* **2010**, *25*, 1405–1417. [[CrossRef](#)]
44. Catry, F.X.; Rego, F.; Bação, F.; Moreira, F. Modeling and mapping wildfire ignition risk in Portugal. *Int. J. Wildland Fire* **2009**, *18*, 921–931. [[CrossRef](#)]
45. Koutsias, N.; Martínez-Fernández, J.; Allgöwer, B. Do factors causing wildfires vary in space? Evidence from geographically weighted regression. *GISci. Remote Sens.* **2010**, *47*, 221–240. [[CrossRef](#)]
46. Oliveira, S.; Oehler, F.; San-Miguel-Ayanz, J.; Camia, A.; Pereira, J.M.C. Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using Multiple Regression and Random Forest. *For. Ecol. Manag.* **2012**, *275*, 117–129. [[CrossRef](#)]
47. Carmo, M.; Moreira, F.; Casimiro, P.; Vaz, P. Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal. *Landsc. Urban Plan.* **2011**, *100*, 169–176. [[CrossRef](#)]
48. Moreira, F.; Rego, F.C.; Ferreira, P.G. Temporal (1958–1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: Implications for fire occurrence. *Landsc. Ecol.* **2001**, *16*, 557–567. [[CrossRef](#)]
49. Beilin, R.; Reid, K. It's not a 'thing' but a 'place': Reconceptualising 'assets' in the context of fire risk landscapes. *Int. J. Wildland Fire* **2015**, *24*, 130–137. [[CrossRef](#)]
50. Wilbanks, T.J.; Kates, R.W. Global change in local places: How scale matters. *Clim. Chang.* **1999**, *43*, 601–628. [[CrossRef](#)]
51. Turner II, B.; Meyer, W.B.; Skole, D.L. Global land-use/land-cover change: Towards an integrated study. *Integr. Earth Syst. Sci.* **1994**, *23*, 91–95.
52. Viedma, O.; Urbieto, I.R.; Moreno, J.M. Wildfires and the role of their drivers are changing over time in a large rural area of west-central Spain. *Sci. Rep.* **2018**, *8*, 1–13. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
53. Acácio, V.; Holmgren, M.; Rego, F.; Moreira, F.; Mohren, G.M.J. Are drought and wildfires turning Mediterranean cork oak forests into persistent shrublands? *Agrofor. Syst.* **2009**, *76*, 389–400. [[CrossRef](#)]
54. Oliveira, T.M.; Guiomar, N.; Baptista, F.O.; Pereira, J.M.C.; Claro, J. Is Portugal's forest transition going up in smoke? *Land Use Policy* **2017**, *66*, 214–226. [[CrossRef](#)]
55. Silva, J.S.; Vaz, P.; Moreira, F.; Catry, F.; Rego, F. Assessing fire-driven land use dynamics in Portugal. In Proceedings of the VI International Conference on Forest Fire Research, Coimbra, Portugal, 15–18 November 2010.
56. De Vicente, G. La extraña topografía de la Península Ibérica. *Enseñanzas la Ciencias la Tierra* **2007**, *15*, 124–134.
57. Aparicio, A.; Garcia Cacho, L. *Geología del Sistema Central Español*; Consejería de Política Territorial—Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Comunidad de Madrid, Madrid, Spain, 1987; ISBN 84-451-0024-6.
58. Capel Molina, J.J. *El clima de la Península Ibérica*; Colección; Ariel: Barcelona, Spain, 2000; ISBN 9788434434660.
59. FAO. *FAO Climate Database*; FAO: Rome, Italy, 1961–2015.
60. AEMET-IM. *Atlas climático ibérico/Iberian climate atlas*; Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino: Madrid, Spain, 2011; ISBN 9788478370795.
61. INE-Statistics Portugal Population Census (Year: from 1864 to 2001, Variable: Number of inhabitants, Scale: Municipality). Available online: <https://www.ine.pt> (accessed on 6 February 2019).
62. INE-Statistics Spain Population Census (Year: from 1877 to 2001, Variable: Number of inhabitants, Scale: Municipality). Available online: <https://www.ine.es> (accessed on 6 February 2019).

63. Afonso, M.J.; Marques, J.E.; Marques, J.M.; Carreira, P.; Carvalho, J.M.; Silva, M.M.; Samper, J.; Pisani, B.; Borges, F.; Rocha, F.; et al. Hydrogeology of hard-rocks in the Portuguese Iberian Massif: Porto urban area and Serra da Estrela mountain region. In Proceedings of the The Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 11–13 July 2005; pp. 1–12.
64. Brum Ferreira, A.; Alcoforado, M.J.; Vieira, G.T.; Mora, C.; Jansen, J. Metodologias de análise e de classificação das paisagens. O exemplo do projecto Estrela. *Finisterra* **2001**, *36*, 157–178. [[CrossRef](#)]
65. Fidalgo, C. *La Transformación Humana del Paisaje en la Serranía de Atienza*; Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid: Madrid, Spain, 1987.
66. Gómez, A.L. La Serranía de Atienza (Estudio de Geografía Humana). Ph.D. Thesis, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Madrid, Madrid, Spain, 1951.
67. Fernández-Muñoz, S. Consecuencias socioeconómicas y territoriales de las repoblaciones forestales en el Alto Sorbe (Guadalajara). *Eria* **2002**, *58*, 183–203.
68. Caetano, M.; Carrão, H.; Painho, M. *Alterações da ocupação do solo em Portugal Continental: 1985–2000*; Instituto do Ambiente: Lisboa, Portugal, 2005; ISBN 9728577222.
69. Almeida, A.C.; Nunes, A.; Figueiredo, A. *Mudanças no uso do solo no interior Centro e Norte de Portugal*; Imprensa da Universidade de Coimbra: Coimbra, Portugal, 2009; ISBN 978-972-8074-96-6.
70. Meneses, B.; Vale, M.J. Modelling land use and land cover changes in Portugal: A multi-scale and multi-temporal approach. *Finisterra* **2018**, *107*, 3–26. [[CrossRef](#)]
71. Tomppo, E.; Gschwantner, T.; Lawrence, M.; McRoberts, R.E. *National Forest Inventories: Pathways for Common Reporting*; Springer Science + Business Media, B.V.: Dordrecht, The Netherlands, 2010; ISBN 9789048132324.
72. Direcção Nacional de Gestão Florestal. *Inventário Florestal Nacional Portugal Continental-IFN5 2005 2006*; Autoridade Florestal Nacional, Ed.; Autoridade Florestal Nacional: Lisboa, Portugal, 2010; ISBN 9789728097769.
73. UNAP-JCCM Unidad de Análisis y Planificación del Centro Operativo Regional para la lucha contra incendios forestales, Junta de Castilla-La Mancha, Personal communication: Dirección Provincial de la Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Guadalajara, Guadalajara, Spain, 12 July 2016.
74. San-Miguel-Ayanz, J.; Schulte, E.; Schmuck, G.; Camia, A.; Stobl, P.; Liberta, G.; Giovando, C.; Boca, R.; Sedano, F.; Kempeneers, P.; et al. *COMPREHENSIVE monitoring of Wildfires in Europe: The European Forest Fire Information System (EFFIS)*; European Commission: Brussels, Belgium, 2012; pp. 87–108.
75. Balzter, H. Markov chain models for vegetation dynamics. *Ecol. Model.* **2000**, *126*, 139–154. [[CrossRef](#)]
76. Rego, F.C.; Bunting, S.C.; Strand, E.K.; Godinho Ferreira, P. *Applied Landscape Ecology*; John Wiley and Sons Ltd.: Hoboken, NJ, USA, 2019; ISBN 9781119368243.
77. Serviço de Inventário Florestal e Cartografia. *Distribuição da Floresta em Portugal Continental-Áreas florestais por Concelhos 1980*; Ministério da Agricultura e Pescas, Secretaria de Estado do Fomento Agrário- Direcção-Geral de Ordenamento e Gestão Florestal: Lisboa, Portugal, 1981.
78. Marques, P.P. *Serra da Estrela: Gestão e Conservação de Habitats Prioritários-Projecto LIFE Natureza (LIFE02/NAT/P/8478)*; Associação de Produtores Florestais do Paul: Tortosendo, Portugal, 2006.
79. Bordiú Barreda, E. Valoración de la infrautilización de la Sierra de Ayllón y aportación de un modelo alternativo. *An. Geogr. la Univ. Complut.* **1985**, 167–187.
80. Baptista, F.O. *O Espaço Rural-Declínio da Agricultura*, 1st ed.; Celta: Lisboa, Portugal, 2010; ISBN 978-972-774-269-1.
81. Cabral, M.V. Agrarian structures and recent rural movements in Portugal. *J. Peasant Stud.* **1978**, *5*, 411–445. [[CrossRef](#)]
82. Amaral, L. Portugal e o passado: Política agrária, grupos de pressão e evolução da agricultura portuguesa durante o Estado Novo. *Análise Soc.* **1994**, *XXIX*, 889–906.
83. Engerman, S.; das Neves, J. The bricks of an empire 1415-1999: 585 years of Portuguese emigration. *J. Eur. Econ. Hist.* **1997**, *26*, 471–510.
84. Martinho, A.T. *O Pastoreio e o Queijo da Serra*, SNPRPP, ed.; 2ª edição.; Serviço Nacional de Parques Reservas e Património Paisagístico: Lisboa, Portugal, 1981.
85. INE-Statistics Spain Spanish Census of Agriculture (Year: 1989 and 1999, Variable: Cattle units, Scale: Municipality). Available online: <https://www.ine.es> (accessed on 6 February 2019).

86. Dirección General de Política Forestal y Espacios Naturales; Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. *Plan de Gestión de Sierra de Ayllón, ES0000164/ES0000488 (Guadalajara)-Diagnóstico del espacio Natura 2000*; Dirección General de Política Forestal y Espacios Naturales: Guadalajara, Spain, 2017.
87. Mateus, A. A economia portuguesa depois da adesão às Comunidades Europeias: Transformações e desafios. *Análise Soc.* **1992**, *XXVIII*, 655–671.
88. Plaza Gutiérrez, J.I.; Martín Jiménez, M.I.; Hortelano Mínguez, L.A.; Fernández Álvarez, R. Desarrollo territorial y cambios en las montañas interiores (factores, tendencias e iniciativas). Contrastes y estudios de caso. *Polígonos. Rev. Geogr.* **2008**, *18*, 155–191. [[CrossRef](#)]
89. Mazzoleni, S.; di Pasquale, G.; Mulligan, M.; di Martino, P.; Rego, F. *Recent Dynamics of the Mediterranean Vegetation and Landscape*; John Wiley & Sons Ltd.: Chichester, UK, 2004; ISBN 9780470093719.
90. Feranec, J.; Soukup, T.; Hazeu, G.; Jaffrain, G. *European Landscape Dynamics-Corine Land Cover Data*; CRC Press-Taylor&Francis Group: Boca Rton, FL, USA, 2016; ISBN 9781482244663.
91. Feranec, J.; Jaffrain, G.; Soukup, T.; Hazeu, G. Determining changes and flows in European landscapes 1990–2000 using CORINE land cover data. *Appl. Geogr.* **2010**, *30*, 19–35. [[CrossRef](#)]
92. Bunting, S.C.; Rego, F.C. Human impact on Portugal's vegetation. *Rangelands* **1988**, *10*, 251–255.
93. Fernández Muñoz, S.; Mata Olmo, R. Pasado y presente de las repoblaciones forestales en montes de sociedades de vecinos. *Estud. Geográficos* **2000**, *LXI*, 461–486.
94. Barjona de Freitas, A.S. *Perímetro Florestal De Manteigas*; Direcção Geral Das Florestas, Ed.; Seleprinter, Lda.: Lisboa, Portugal, 1989.
95. Jones, N.; de Graaff, J.; Rodrigo, I.; Duarte, F. Historical review of land use changes in Portugal (before and after EU integration in 1986) and their implications for land degradation and conservation, with a focus on Centro and Alentejo regions. *Appl. Geogr.* **2011**, *31*, 1036–1048. [[CrossRef](#)]
96. Diogo, V.; Koomen, E. Explaining land-use change in Portugal 1990-2000. In Proceedings of the 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science, Guimarães, Portugal, 11–14 May 2010; p. 11.
97. Jucker Riva, M.; Daliakopoulos, I.N.; Eckert, S.; Hodel, E.; Liniger, H. Assessment of land degradation in Mediterranean forests and grazing lands using a landscape unit approach and the normalized difference vegetation index. *Appl. Geogr.* **2017**, *86*, 8–21. [[CrossRef](#)]
98. Rudel, T.K.; Coomes, O.T.; Moran, E.; Achard, F.; Angelsen, A.; Xu, J.; Lambin, E. Forest transitions: Towards a global understanding of land use change. *Glob. Environ. Chang.* **2005**, *15*, 23–31. [[CrossRef](#)]
99. Delgado Viñas, C. Agrarian dynamics and landscape in rural mountain areas of Spain. *J. Settl. Spat. Plan.* **2015**, 145–154.
100. Lourenço, L.; Fernandes, S.; Nunes, A.; Gonçalves, A.B.; Vieira, A. Determination of forest fire causes in Portugal (1996-2010). *Flamma* **2013**, *4*, 171–175.
101. Porrero Rodríguez, M.A. *Incendios forestales-investigación de causas*; Mundiprensa: Madrid, Spain, 2001; ISBN 9788471149541.
102. Nunes, A.; Lourenço, L.; Fernandes, S.; Castro, A.C.M. Principais causas dos incêndios florestais em Portugal: Variação espacial no período 2001/12. *Territorium* **2014**, *21*, 135–146. [[CrossRef](#)]
103. Vélez Muñoz, R. Incendios forestales y su relación con el medio rural. *Rev. Estud. Agro-sociales* **1986**, *136*, 195–224.
104. González Márquez, J. *Climatología de tormentas en España – years 1997 to 2006*; Meteored: Madrid, Spain, 2006.
105. Acebrón, M.L.G. Tipificación de los incendios forestales en la provincia de Guadalajara (Castilla-La Mancha). *For.-Asoc. y Col. Of. Ing. Técnicos For.* **2017**, *67*, 32–39.
106. Pausas, J.G.; Vallejo, V.R. The role of fire in European Mediterranean Ecosystems. In *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin*; Chuvieco, E., Ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 1999; pp. 3–16, ISBN 978-3-642-64284-5.
107. Oliveira, S.; Moreira, F.; Boca, R.; San-Miguel-Ayanz, J.; Pereira, J.M.C. Assessment of fire selectivity in relation to land cover and topography: A comparison between Southern European countries. *Int. J. Wildland Fire* **2014**, *23*, 620–630. [[CrossRef](#)]
108. INE-Statistics Portugal Portuguese General Census of Agriculture (Year: 1999 and 2009, Variable: Cattle units, Scale: Municipality). Available online: <https://www.ine.pt> (accessed on 27 March 2019).
109. INE-Statistics Spain Spanish Census of Agriculture (Year: 1999 and 2009; Variables: Cattle units; Scale: Municipality). Available online: <http://www.ine.es> (accessed on 27 March 2019).

110. Fernandes, P.M. Fire-smart management of forest landscapes in the Mediterranean basin under global change. *Landsc. Urban Plan.* **2013**, *110*, 175–182. [[CrossRef](#)]
111. Prichard, S.J.; Stevens-Rumann, C.S.; Hessburg, P.F. Tamm Review: Shifting global fire regimes: Lessons from reburns and research needs. *For. Ecol. Manag.* **2017**, *396*, 217–233. [[CrossRef](#)]
112. Castro, M.; Castro, J.; Sal, G.; Quinta, B.; Apolónia, D.S. Efeito da pastorícia tradicional na redução de combustíveis finos em bosques de *Quercus pyrenaica*. *Silva Lusit.* **2009**, *17*, 159–169.
113. Moreira, M.B.; Coelho, I.S. *A Silvopastorícia na Prevenção dos Fogos Rurais*; ISAPress: Lisbon, Portugal, 2008; ISBN 978-972-8669-32-4.
114. Mather, A.S.; Pereira, J.M.C. Transição florestal e fogo em Portugal. In *Incendios Florestais em Portugal*; Pereira, J.S., Pereira, J.M.C., Rego, F.C., Silva, J.M., Silva, T.P., Eds.; ISAPress: Lisboa, Portugal, 2006; pp. 257–286.
115. Iriarte-Goñi, I.; Ayuda, M.-I. Should Forest Transition Theory include effects on forest fires? The case of Spain in the second half of the twentieth century. *Land Use Policy* **2018**, *76*, 789–797. [[CrossRef](#)]
116. Baeza, M.J.; Valdecantos, A.; Alloza, J.A.; Vallejo, V.R. Human disturbance and environmental factors as drivers of long-term post-fire regeneration patterns in Mediterranean forests. *J. Veg. Sci.* **2009**, *18*, 243–252. [[CrossRef](#)]
117. Bajocco, S.; Ricotta, C. Evidence of selective burning in Sardinia (Italy): Which land-cover classes do wildfires prefer? *Landsc. Ecol.* **2008**, *23*, 241–248. [[CrossRef](#)]
118. Devy-Vareta, N. A floresta no espaço e no tempo em Portugal. A arborização da Serra da Cabreira (1919–1975). Ph.D. Thesis, Universidade de Porto, Porto, Portugal, 1993.
119. Gonçalves, A.C.; Sousa, A.M.O. The fire in the Mediterranean Region: A case study of forest fires in Portugal. In *Mediterranean Identities-Environment, Society, Culture*; Fuerst-Bielis, B., Ed.; IntechOpen: London, UK, 2017; pp. 305–335.
120. Montiel-Molina, C. Comparative assessment of wildland fire legislation and policies in the European Union: Towards a fire framework directive. *For. Policy Econ.* **2013**, *29*, 1–6. [[CrossRef](#)]
121. Lloret, F.; Calvo, E.; Pons, X.; Díaz-Delgado, R. Wildfires and landscape patterns in the Eastern Iberian Peninsula. *Landsc. Ecol.* **2002**, *17*, 745–759. [[CrossRef](#)]
122. Lasanta, T. Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: A study of the Spanish Central Pyrenees. *Appl. Geogr.* **2005**, *25*, 47–65. [[CrossRef](#)]
123. Ioannis, N.; Diofantos, H.; Jacob, K.J.; Hanspeter, L.; Giovanni, Q. How does land management contribute to the resilience of Mediterranean forests and rangelands? A participatory assessment. *Land Degrad. Dev.* **2018**, *29*, 10.
124. Pereira, M.G.; Aranha, J.; Amraoui, M. Land cover fire proneness in Europe. *For. Syst.* **2014**, *23*, 598–610. [[CrossRef](#)]
125. Rego, F.C.; Silva, J.S. Wildfires and landscape dynamics in Portugal: A regional assessment and global implications. In *Forest Landscapes and Global Change: Challenges for Research and Management*; Azevedo, J.C., Perera, A.H., Pinto, M.A., Eds.; Springer Science+Business Media: New York, NY, USA, 2014; pp. 51–73. ISBN 978-1-4939-0952-0.
126. Rollins, M.; Morgan, P.; Swetnam, T.W. Landscape-scale controls over 20th century fire occurrence in two large Rocky Mountain (USA) wilderness areas. *Landsc. Ecol.* **2002**, *17*, 539–557. [[CrossRef](#)]
127. Moritz, M.A.; Batllori, E.; Bradstock, R.A.; Gill, A.M.; Handmer, J.; Hessburg, P.F.; Leonard, J.; McCaffrey, S.; Odion, D.C.; Schoennagel, T.; et al. Learning to coexist with wildfire. *Nature* **2014**, *515*, 58–66. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
128. Regos, A.; Ninyerola, M.; Moré, G.; Pons, X. Linking land cover dynamics with driving forces in mountain landscape of the Northwestern Iberian Peninsula. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **2015**, *38*, 1–14. [[CrossRef](#)]
129. Paveglio, T.B.; Edgeley, C.M.; Carroll, M.; Billings, M.; Stasiewicz, A.M. Exploring the influence of local social context on strategies for achieving fire adapted communities. *Fire* **2019**, *2*, 26. [[CrossRef](#)]



To cite this article: Romão Sequeira, C., Montiel-Molina, C., & Castro Rego, F (2019). Historical fire records at the two ends of Iberian Central Mountain System: Estrela massif and Ayllón massif. *Investigaciones Geográficas*, (72), 31-52. <https://doi.org/10.14198/INGEO2019.72.02>

Historical fire records at the two ends of Iberian Central Mountain System: Estrela massif and Ayllón massif

Incendios históricos en los dos extremos del Sistema Central: Sierra de Estrela y Sierra de Ayllón

Catarina Romão Sequeira^{1*}
Cristina Montiel-Molina²
Francisco Castro Rego³

Abstract

The Iberian Peninsula has a long history of fire, as the Central Mountain System, from the Estrela massif in Portugal to the Ayllón massif in Spain, is a major fire-prone area. Despite being part of the same natural region, there are different environmental, political and socio-economic contexts at either end, which might have led to distinct human causes of wildfires and associated fire regimes. The hypothesis for this research lies in the historical long-term relationship between wildfire risks and fire use practices within a context of landscape dynamics. In addition to conducting an analysis of the statistical period, a spatial and temporal multiscale approach was taken by reconstructing the historical record of pre-statistical fires and land management history at both ends of the Central Mountain System. The main result is the different structural causes of wildland fires at either end of the Central Mountain System, with human factors being more important than environmental factors in determining the fire regimes in both contexts. The study shows that the development of the fire regime was non-linear in the nineteenth and twentieth centuries, due to broader local human context factors which led to a shift in fire-use practices.

Keywords: historical wildfires; landscape; Pyrogeography; Iberian Peninsula; documentary sources; geohistory; anthropogenic disturbance

Resumen

La Península Ibérica cuenta con una larga historia de incendios forestales. Es el caso del Sistema Central, desde la Sierra de Estrela en Portugal a la Sierra de Ayllón en España, aunque las causas humanas y el régimen de incendios difieren en función del contexto ambiental, político y socioeconómico en uno y otro extremo de la cordillera. La validación de la hipótesis de trabajo, sobre la relación histórica entre el riesgo de incendios y el uso del fuego en las actividades humanas, se ha llevado a partir de la reconstrucción del registro histórico de incendios forestales y de la gestión del territorio, y mediante el análisis multiescalar espacio-temporal de los incendios históricos y estadísticos. Como principal resultado se han identificado las causas estructurales de incendios en las sierras de Estrela y Ayllón. Además, se ha demostrado la influencia mayor de los aspectos humanos que de los físicos en la evolución del régimen de fuego. En conclusión, este trabajo evidencia la evolución discontinua de los incendios forestales a lo largo de los siglos XIX y XX debido a los factores contextuales humanos que influyen en el manejo tradicional del fuego a escala local.

Palabras clave: incendios históricos; paisaje; Pirogeografía; Península Ibérica; fuentes documentales; geohistoria; impacto humano

1 Forest Geography, Policy and Socioeconomics Research Group. Department of Geography, Complutense University of Madrid, Spain. anacatte@ucm.es. * Corresponding author.

2 Forest Geography, Policy and Socioeconomics Research Group. Department of Geography, Complutense University of Madrid, Spain. crismont@ucm.es

3 Centro de Ecología Aplicada Prof. Baeta Neves. School of Agriculture. University of Lisbon, Portugal. Tapada da Ajuda 1349-017 Lisboa, Portugal. fcastrorego3@gmail.com

1. Introduction

Historically, humans have been using fire as a management tool to explore new territories and to adapt them to their changing lifestyle (Costa, Castellnou, Larrañaga, Miralles, & Kraus, 2011; Tedim, Xanthopoulos, & Leone, 2014). In the Iberian Peninsula, there is evidence of anthropic activity related to fire uses since the middle Pleistocene (López-Sáez *et al.*, 2014; Pausas & Keeley, 2009; Raposo & Santonja, 1995) and fire use practices for different management purposes have always been at the origin of wildfires (Badia, Pèlachs, Vera, Tulla, & Soriano, 2014; Carracedo Martín, 2015). The Central Mountain System is one of the areas most affected by wildfires, not only because of its Mediterranean climate but also because of its strategic location and its history of human occupation and fire uses (Araque Jiménez *et al.*, 1999; López-Sáez, Vargas, *et al.*, 2018; Robles-López *et al.*, 2017; Schmuck *et al.*, 2015). Human-caused wildfires are the most frequent in this mountain region (Camarero, Sangüesa-Barreda, Montiel-Molina, Seijo, & López-Sáez, 2018; López-Merino, López-Sáez, Alba-Sánchez, Pérez-Díaz, & Carrión, 2009; Montiel-Molina, 2013a), including arson, accidental fires and negligent fires (Leone, Lovreglio, & Martínez-Fernandéz, 2002). The fundamental causes of wildfires can only be understood when considering past socio-economic and territorial dynamics related to fire use practices (López-Sáez, Abel-Schaad, *et al.*, 2018; Montiel-Molina, 2013b; Moreno, Vázquez, & Vélez, 1998). Nevertheless, knowledge regarding fire history and its contextual factors is still limited (Ganteaume *et al.*, 2013) since wildfire statistics have only been recorded for both Portugal and Spain beginning in the second half of the twentieth century (Lourenço & Malta, 1993; Vélez Muñoz, 2009).

As the fire regime includes the patterns of fire occurrence and size, analysis of how these regimes evolve over time often requires a longer-term perspective. This is particularly true in this case, since fire-use practices have changed in line with lifestyles and political and socioeconomic systems (Montiel-Molina, 2013b) and fire history has not been linear during the nineteenth and twentieth centuries. Those human aspects, plus the environmental context (topography, vegetation type and fire weather), constitute the factors influencing fire occurrence, and are therefore directly related to human-caused wildfires (Montiel-Molina & Galiana-Martín, 2016; Rodrigues, de la Riva, & Fotheringham, 2014).

Often when analyzing changes in fire regimes, the spatial scale is either national (Martínez-Fernandéz, Vega-garcía, & Chuvieco, 2008; Vilar, Camia, San-Miguel-Ayán, & Martín, 2016) or regional, considering municipalities as the basic spatial unit (Moreno, Conedera, Chuvieco, & Pezzatti, 2014; Viedma, Moity, & Moreno, 2015), and the time scale is based on the statistical period. However, these scales are not entirely suitable to understand the relationships between wildfire causes and the socio-spatial context. In the case of the Central Mountain System, extending more than 500 kilometers from southwest to northeast, from the Estrela massif in Portugal to the Ayllón massif in Spain, the socioeconomic and cultural characterization varies widely from one place to another according to local systems. Thus, knowledge of the locations is needed to understand the wildfire causes and the fire regime, which entails a local scale of analysis (Beilin & Reid, 2015; Magalhães *et al.*, 2017; Paniagua, 2009).

It would be interesting to determine whether the differences in the environmental, political and socio-economic contexts are enough to generate different human causes of wildfires as well as distinct associated fire regimes. Comparing the two ends of the Central Mountain System, the Estrela and Ayllón massifs, will allow us to evaluate the importance of contextual factors in how fire regimes evolve, to map the current geography of this environmental risk, and understand the core challenges for rural mountain scenarios on the Iberian Peninsula.

Previous studies addressed the presence of fire at both ends of this natural region. Among other issues, they analyzed vegetation evolution over time using paleopalynological and paleobotanical methodologies (Abel-Schaad & López-Sáez, 2013; Franco Múgica, García Antón, Maldonado Ruiz, Morla Juaristi, & Sainz Ollero, 2001; Franco Múgica, García Antón, & Sainz Ollero, 1998; Gil García, 1992; Hernandez Vera & Ruiz Zapata, 1984; Janssen & Woldringh, 1981; López García, 1978; Ruiz Zapata, Andrade Olalla, Gil García, Dorado Valiño, & Atienza Ballano, 1996; van Den Brink & Janssen, 1985; van der Knaap & van Leeuwen, 1997, 1995), or forest progression (López Gómez, 1980), specifically including changes in public forests in the province of Guadalajara during the nineteenth and twentieth centuries by analyzing historical documentation (Morcillo San Juan, 2001); past fire evidence in the territory through charcoal analysis (Connor, Araújo, van der Knaap, & van Leeuwen, 2012; López-Sáez, Vargas, *et al.*, 2018; Morales-Molino, García Antón, Postigo-Mijarra, & Morla, 2013) or using documentary archives from

throughout the twentieth century in Portugal (Macedo & Sardinha, 1987), forest fire database analysis (Castellnou, Miralles, & Molina, 2009; Lourenço, Fernandes, Nunes, Gonçalves, & Vieira, 2013; Meneeses, Reis, & Reis, 2018), or documentary newspaper sources throughout the nineteenth and twentieth centuries focusing precisely on fire regimes on a regional scale in the Central Mountain System (Araque Jiménez *et al.*, 1999; Montiel-Molina, 2013b). However, none of the studies includes the three criteria applied here: use a local scale of analysis to look at the subject of fire regimes and practices of fire management in greater depth, and set in the nineteenth and twentieth centuries.

The aim of this paper is to clarify the underlying causes of wildland fires and to assess how contextual human and environmental factors have influenced fire regime changes throughout the nineteenth and twentieth centuries at both ends of the Central Mountain System. Our hypothesis is that any disruption within the social-ecological system trigger an abrupt shift in fire regime. This is a quite novel approach to fire regimes variation research. Previous studies consider that fire regime change is mainly due to fuel load accumulation related to the abandonment of land management systems since the mid-twentieth century (Fernandes *et al.*, 2014). Our hypothesis also allows a century-scale broader approach for a global understanding of recent fire regime transitions.

2. Methodology

2.1. Study Area

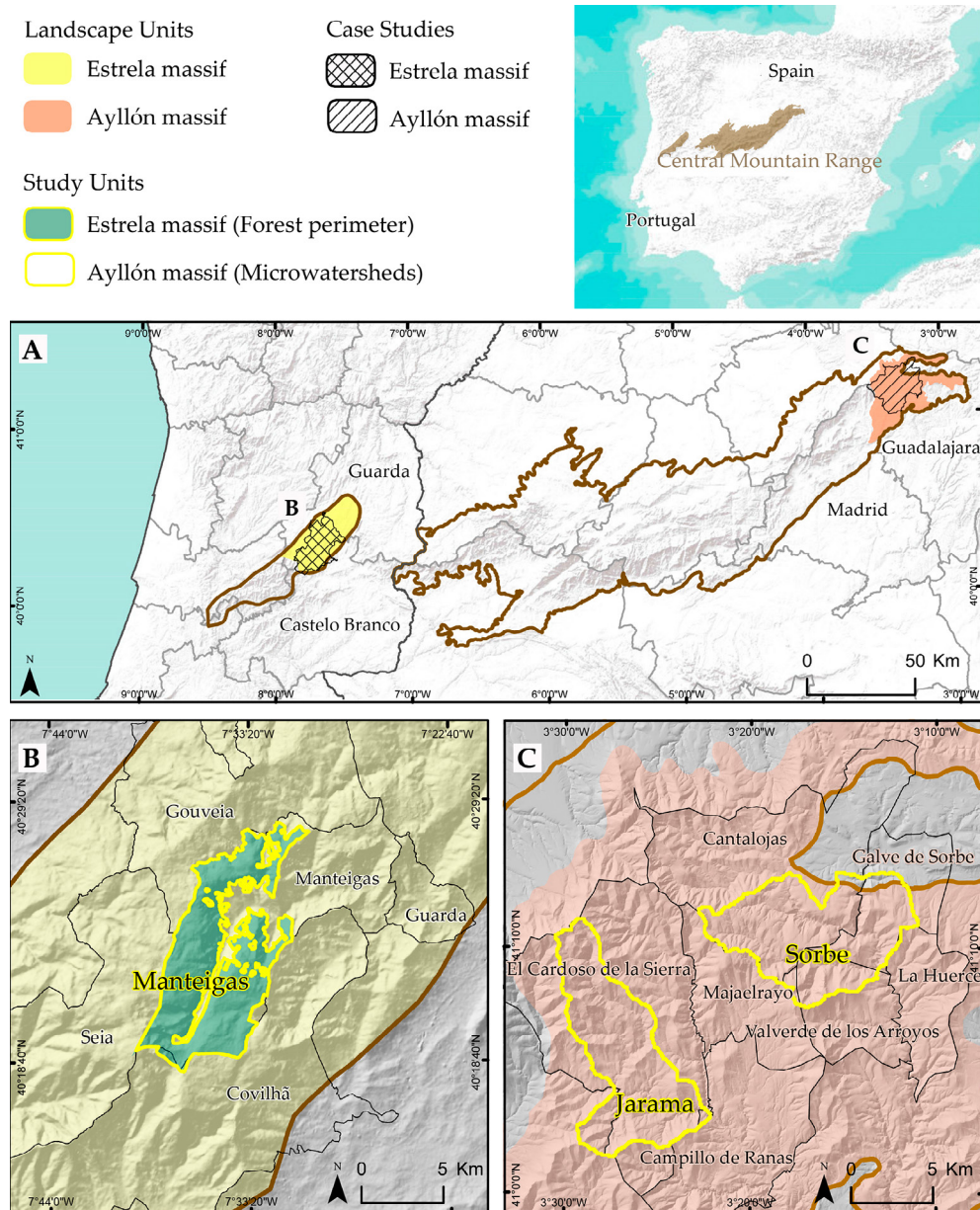
The Central Mountain System runs southwest/northeast for more than 500 kilometers and is about forty kilometers wide. It divides the Tagus and Douro River basins in the inland Iberian Peninsula, and includes several massifs. The selected case studies for the comparative analysis are located at either end of this natural region: The Estrela massif (Portugal) and the Ayllón massif (Spain) (Figure 1).

At the western end, the Estrela massif is granite and metamorphic glacial and periglacial land covering about 287,500 hectares; its highest point is 1993 meters above sea level. Two valleys —Zêzere and Alforfa— shape the relief with steep slopes. Its climate is Mediterranean with dry-warm summers and annual mean temperatures around nine degrees. The wet season spans from October to May with annual mean precipitation of more than 2000 millimeters on the plateaus and 2500 millimeters in higher areas. The Estrela massif spreads into Guarda District (within five municipalities: Guarda, Manteigas, Gouveia, Seia, and Celorico da Beira) and Castelo Branco District, (municipality of Covilhã). In addition, the Zêzere basin falls within the Manteigas municipality located in the heart of the “U” shaped Zêzere glacier valley, and, currently, most of the Manteigas land is district-owned. A significant human footprint in this landscape led to deforestation cycles along with a strong boost for agricultural practices, culminating in a non-forest landscape (Baptista, 2010; Rego, 2001). Thenceforth, policies focused on afforestation plans, primarily to correct the hydrological regime in the nineteenth century (Devy-Vareta, 2003; Joanaz de Melo, 2017). The current landscape of this area and its floristic diversity are a product of long-term interaction between agriculture, grazing and fire (Connor *et al.*, 2012; Rego, 1992; van der Knaap & van Leeuwen, 1995; Vieira, Jansen, & Ferreira, 2005). Transitional woodland-shrubs, with particular emphasis on broom species, dominate the land (Meneeses, Reis, Vale, & Saraiva, 2015). The population in the Manteigas municipality never exceeded the 5400 people living there in the fifties and started declining in the sixties of the twentieth century (National Statistics Institute [INE] – Statistics Portugal, 1864–2001). Its settlements were mainly set up at lower altitudes to explore agriculture in a small farming system. Land at higher altitudes is not so fertile since it is mostly granitic, and agriculture is limited to a few crops such as rye and potatoes combined with pasture areas, and at even higher altitudes juniper shrubs and matgrass grasslands dominate (Almeida, Nunes, & Figueiredo, 2009).

The Ayllón massif, located in the northeast of the Guadalajara province, with an area of 140,000 hectares, comprises three Henares tributaries' headwaters: Sorbe, Jarama and Bornova. The altitude ranges from about 700 to 2272 meters above sea level and slopes are steep. A sub-Mediterranean climate dominates and the micro and mesoclimate present considerable variations. In general, summers are fresh and winters are harsh. The wet season is at its most extreme in November and from January to March, with average precipitation of 800 millimeters up to more than 1500 millimeters (Food and Agriculture Organization [FAO]). The southern side of this massif comprises four municipalities (Campillo de Ranas, El Cardoso de la Sierra, Majaalrayo and Valverde de los Arroyos) and features less farmed land areas because of the steepness of higher slopes. The north side of the massif includes six municipalities (Cantalojas, Campisábalos, Conde-

mios de Arriba, Condemios de Abajo, Galve de Sorbe and La Huerce) and provides richer forest resources. The Ayllón massif comprises other municipalities in the provinces of Segovia and Madrid (e.g., La Hiruela in Madrid, and Cerezo de Arriba in Segovia), which were not included in this study.

Figure 1. Case studies



Sources: Digital terrain model and boundaries – National Geographic Institute (Portugal, <http://www.dgterritorio.pt> and Spain, <http://centrodedescargas.cnig.es>)

2.2. Case Studies

Either end of the Central Mountain System presents dissimilar territorial and social background. Thus, the case studies have been selected based on two main assumptions: territorial specificity and diversity on a local scale (socio-ecological features), and the evidence of fire footprint on the landscape (historical fire records). The national specificities and administrative constraints led to the selection of three study units using different criteria at the respective ends of the natural region (Figure 1): one in Estrela massif (delimited using public forest perimeters) and two in Ayllón massif (delimited using microwatershed units). The public forest included in the Manteigas study unit, in the Estrela massif, includes

the five public forest areas in the municipality of Manteigas in the Guarda district, where the Manteigas forest perimeter is a pioneer in terms of protection and regulation of Portuguese public forests. In the Ayllón massif case study, two study units were selected (i.e., Sorbe and Jarama watersheds), which cover seven municipalities within the province of Guadalajara (Table 1). Municipalities were taken as the basic spatial unit for data collection, although in a multi-scale approach considering that the district, regional and national scale were applied for data processing and analysis. The total area of the Estrela massif case study is 58,000 hectares and the total area of the Ayllón massif case study is 63,000 hectares.

Table 1. Case studies

Landscape unit and Case study	Study unit	Sub-units (Forest or Perimeter for Estrela massif, and microwatershed for Ayllón massif)	Administrative units considered (Municipality and Parish (in parenthesis) for Estrela massif and municipality for Ayllón massif)
Estrela massif	1. Public Forests of Manteigas	<ul style="list-style-type: none"> • Serra da Estrela (Nascentes do Zêzere) • Manteigas • Sameiro • Carvalheira • Souto do Concelho 	<ul style="list-style-type: none"> • Manteigas (S. Pedro; Sameiro; Sta. Maria; Vale de Amoreira) • Seia (Sabugueiro; Alvoco da Serra; Loriga) • Guarda (Valhelhas) • Gouveia (União freg. Aldeias e Mangualde da Serra; Gouveia; Folgoso) • Covilhã (Erada; União freg. Covilhã e Canhoso; Cortes do Meio; Unhais da Serra; União freg. Cantar-Galo e Vila do Carvalho; Verdelhos)
Ayllón massif	2. Sorbe microwatersheds	<ul style="list-style-type: none"> • Sorbe • La Dehesa • Sorbe2 • Sonsaz 	<ul style="list-style-type: none"> • Galve de Sorbe • Cantalojas • Majaerayo • Valverde de los Arroyos • La Huerce
	3. Jarama microwatersheds	<ul style="list-style-type: none"> • Jarama • Berbellido • De las Canalejas • Berbellido2 	<ul style="list-style-type: none"> • Campillo de Ranas • El Cardoso de la Sierra

Own elaboration

2.3. Materials

The research resources used were geohistorical sources (documentary texts and historical cartography), and geospatial and statistical data. The documentary texts include administrative papers (i.e., the minutes of municipal council meetings, auction papers and other forest related reports), documents from legal proceedings (i.e., judicial accusations, police reports, applied fines, and court files) and documents providing information to the community (i.e., the regular newspaper and the official bulletin). These geohistorical data appear in four types of archives: historical archives (national, district/province, and municipal level), forest services and municipal archives, and libraries (traditional and electronic). In fact, documentary sources provided the basis to reconstruct the Fire History Dataset (FHD) for the inland regions of the Iberian Peninsula.

The FHD is an ongoing Access database developed by the Research Group on Forest Geography, Policy and Socioeconomics of the Complutense University of Madrid, following the structure of the Spanish Statistic Fire Database (EGIF). Both EGIF and FHD are composed of several data fields, including information such as fire event attributes (ID —unique for each event and connected with a point shapefile with XY coordinates and the geolocation level—, date of fire event; starting location, fire duration, burned area in the original source unit and converted to hectares); territory features (landowner —state owned, public property, private property, or municipal owned—, economic and material losses, type and/or species of vegetation affected by the fire event); fire context (causes of fire —natural caused, negligence, accidental, intentional, rekindle, unknown cause, or not mentioned—, people and/or organizations involved in fire-fighting procedures and how the fire was suppressed); source type and characteristics (source/s and archive/s name/s with complete reference/s and person/people who collect the data); and other additional explanatory remarks to better understand the event (Table 2).

Table 2. Used Materials – Geohistorical data

		Type of Archives			
		Historical	Forest services	Municipal	Libraries
Portugal	Archives	<ul style="list-style-type: none"> • Torre do Tombo National Archive 	<ul style="list-style-type: none"> • Ministry of Agriculture Archive • ICNF Archives 	<ul style="list-style-type: none"> • Manteigas Municipal Archive 	<ul style="list-style-type: none"> • Portuguese National Library • ISA library
	Type of data	Information related to the municipality	Rural fire events and forest management documents	Fire use and rural fire events - Minutes of municipal council meetings - Auction papers - Other forest management documents	Rural fire events and forest management documents
Spain	Archives	<ul style="list-style-type: none"> • National Historical Archive • Guadalajara Province Historical Archive • Provincial Council Archive • Police Historical Archive 	<ul style="list-style-type: none"> • Ministry of Agriculture Archive 	Municipal Archive of: - Cantalojas - Galve de Sorbe - La Huerce - Valverde de los Arroyos - Majaclaro - El Cardoso de la Sierra - Campillo de Ranas	<ul style="list-style-type: none"> • Spanish National Library • Spanish National electronic newspaper database
	Type of data	Fire use, Fire laws and Rural fire events	Rural fire events, Forest management plans and documents on Public Utility Forest (Protected forest areas)	Fire use and rural fire events - Minutes of municipal council meetings - Auction papers - Other forest management documents	Rural fire events

Own elaboration

Table 3. Used Materials – Historical cartography, spatial data and statistical data

	Historical Cartography	Spatial data	Statistical data
Portugal	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Manteigas Afforestation Map</u> (Format: Raster; Date of production: 1917; Scale: 1:5000) • <u>Agricultural and Forestry Map</u> (Format: Raster; Date of production: 1910; Scale: 1:500 000) • <u>Agricultural and Forestry Map</u> (Format: Raster; Date of production: 1968–1969; Scale: 1:250 000) • <u>First National Forest Inventory Map</u> (Format: Vectorial; Date of production: 1965–1978; Scale: 1:25000; MCU: 2 ha) 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Portuguese Digital Terrain Model (30 meters)</u> (Date of creation: 2009) • <u>Corine Land Cover Map 2000</u> (Format: Vectorial; Dates of production: 1999–2001; Scale: 1:100 000; MCU: 25 ha) • <u>Portuguese Landscape Units</u> (Format: Vectorial; Date of creation: 1999–2002; Scale: 1:250000) 	Population data: <ul style="list-style-type: none"> • <u>Portuguese Population Census</u> (yr. 1877–2011 with medium interval of 10 years; Scale: national and municipality) Forest management data: <ul style="list-style-type: none"> • <u>Portuguese General Census of Agriculture</u> (yr. 1989, 1999 and 2009; Variables: Cattle units; Scale: municipality) Meteorological data: <ul style="list-style-type: none"> • <u>FAO Climate database</u> (from yr. 1961; Variables: Temperature and Precipitation) Wildfire data: <ul style="list-style-type: none"> • <u>ICNF fire database</u> (yr. 1980–2000; Municipality level) • <u>Fire perimeters from Landsat-based burnt area maps</u> (extract yr. 1975–1979; One polygon per event) (Oliveira <i>et al.</i>, 2012)
Spain	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Planimetries</u> (Format: Raster; Date of production: 1895 and 1897; Scale: 1:25.000) • <u>Orthophoto</u> (Format: Raster; Date of production: 1956 and 1957; Scale: 1:32.000) 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Spanish Digital Terrain Model (5 meters)</u> (Date of creation: 2012; Date of update: 2017) • <u>Corine Land Cover Map 2000</u> (Format: Vectorial; Dates of production: 1999–2001; Scale: 1:100 000; MCU: 25 ha) • <u>Spanish Landscape Units</u> (Format: Vectorial; Date of creation: 2004; Scale: 1:1000000) 	Population data: <ul style="list-style-type: none"> • <u>Spanish Population Census</u> (yr. 1864–2011 with medium interval of 10 years; Scale: national and municipality) Forest management data: <ul style="list-style-type: none"> • <u>Spanish Census of Agriculture</u> (yr. 1999 and 2009; Variables: Cattle units; Scale: municipality) Meteorological data: <ul style="list-style-type: none"> • <u>AEMET database</u> (yr. 1942–2000; Variables: Temperature and Precipitation) Wildfire data: <ul style="list-style-type: none"> • <u>EGIF fire database</u> (yr. 1968–2000; Province level from 1968–1983; Municipality level from 1983–1991; Coordinates from 1991–2000)

Own elaboration

The geospatial data comprise land use cartography —three maps for the Portuguese case study, and two maps for the Spanish case studies, covering representative historical temporal periods— and the digital terrain model with maximum detail available for each country (thirty meters for Portugal and five meters for Spain). Finally, statistical data related to population, forest management and wildfires were collected from national census and databases at different institutions (Table 3).

In Portugal, the statistical fire data were obtained from the ICNF (Institute for Nature Conservation and Forests, Portugal) Fire Database and from the 1975–1979 database of wildfire perimeters produced within a national project (Oliveira, Pereira, & Carreiras, 2012). The EGIF has provided reliable information since 1968, although it has been evolving and its accuracy has improved over time (Vélez Muñoz, 2009).

Aiming to harmonize the different historical and statistical datasets in both countries, this research paper considered two different periods for comparative analysis: from 1751 to 1979 that was termed *historical period*, and from 1980 to 2000 that was termed *statistical period*.

2.4. Methods

This exploratory and analytical research was based on a geohistorical and geostatistical method, by gathering documentary sources in historical and administrative archives through a systematic and intensive two years work, and processing primary source data using Geographic Information Systems and Excel data integration techniques. A multiscale spatial and temporal analysis of the selected variables was also applied to reconstruct the FHD and the landscape dynamics in the case studies.

Temporal analysis considered two scales from the historical approach: long-term and medium-term (Brown, Kaufmann, & Shepperd, 1999; Moreno *et al.*, 2014). The historical long-term perspective encompasses the last two centuries (nineteenth and twentieth centuries), and relates to the origin of the Liberal Regime and setting up the Forest Administration in Spain and Forest Regime in Portugal at the end of the nineteenth century. The medium-term perspective refers to the second half of the twentieth century and comprises more recent dynamics, affected by an economic transition and political constraints in both Portugal and Spain. This includes dictatorial regimes and the situation post-regime in both countries, the disarticulation of the traditional rural organization system due to the late industrial revolution and the urbanization and development processes, and the effects of the new rural policies as a consequence of the democratic reforms and entry into the European Union in 1986.

The multi-scale analysis also implies four spatial scales: national, regional (Central Mountain System natural region), intermediate (Estrela and Ayllón massifs) and local (municipalities).

3. Results

3.1. Reconstruction of fire history

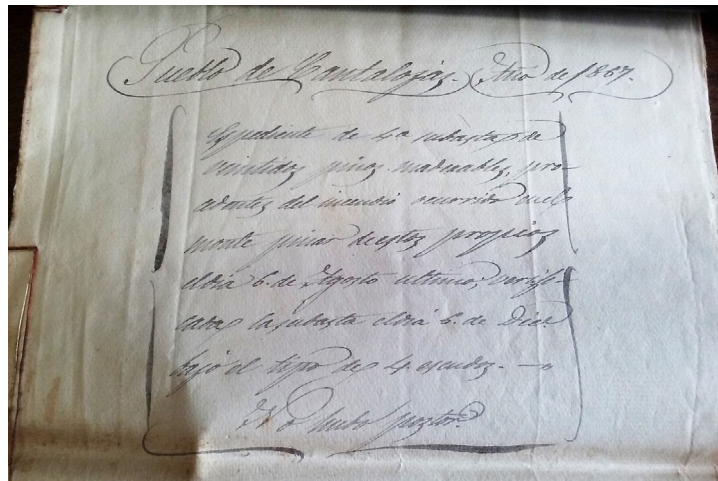
Even though fire statistics only started in the second half of the twentieth century for both Portugal and Spain, it was possible to reconstruct the fire history for both ends of the Central Mountain System from 1768 to 1979 using geohistorical sources —1925 to 1979 for the Estrela massif and 1978 to 1979 for the Ayllón massif (Table 4)—. Most of the information was obtained from administrative documents gathered in the forest services and historical archives, while municipal archives just provided records for the Ayllón massif (Figure 2). In fact, documentary sources rarely report wildfires prior to the twentieth century in Portugal (Figure 3), which does not mean that fire was not present in the territory. Instead, it is possible that some fires were not recorded because they did not represent significant socioeconomical losses at the local scale (Montiel-Molina, 2013b).

Table 4. Number of fire records for each type of archive

	Type of Archives												Total
	Historical			Forest services			Municipal			Libraries			
Century	18 th	19 th	20 th	18 th	19 th	20 th	18 th	19 th	20 th	18 th	19 th	20 th	
Estrela massif	–	–	25	–	–	28	–	–	–	–	–	30	83
Ayllón massif	1	–	14	–	16	1	1	4	11	–	10	3	61
Total	40			45			16			43			144

Sources: Complutense University of Madrid FHD. Own elaboration

Figure 2. Cantalojas Municipality record of an auction of 22 timber pine trees from a rural fire occurred on August 6, 1867 at Monte Pinar



Source: Cantalojas Municipal Archive, File "Documents 1870-1893". Credits: Authors, 2016

Figure 3. Record of a rural fire of 1967 in Manteigas. In the upper section, the details of the fire are described, and in the bottom section, the characteristics of the fire are drawn and explained, including the monetary damages and the trees characteristics

DIRECÇÃO-GERAL DOS SERVIÇOS FLORESTAIS E AQUICOLAS - 3ª. REPARTIÇÃO

Ficha individual do fogo

CIRCUNSCRIÇÃO de Viseu ADMINIISTRAÇÃO da Manteigas PERIMETRO Saneira

Condição de Viseu Freguesia Saneira Dia da semana Segunda-feira

do G. Florestal nº. 206 Conselho Manteiga Data 11 de Setembro 1967

1 - Início do incêndio às 18 h

2 - ORIGEM: dentro - fora dos Serviços

3 - VENTO: intensidade fraca direcção Norte

4 - CAUSA: suposta - determinada

5 - POVO VIZINHO: amigo - inimigo

6 - PEDRAS, VESTIAS E ROMARIAS: Há alguma a assinalar? Não Qual? --- Den lugar a trânsito anormal pelo local?

7 - COMBATE AO FOGO: Percurso a pé: tempo --- distância --- Número de pessoas 40 Teve auxílio da Brigada móvel? Não

8 - DEFICIÊNCIAS NO APERTEAMENTO DA LUZ NA COMPA FOGOS QUE ESTE REVELOU: Rede divisional há um acervo Vigilância há 2 postos de vigia Alarma há 112. Islef. e radiofónicas Vias de comunicação há camionha Transportes 1200 e camionha Material há ferramentas e lanternas Pessoal é recrutado o regularidade

9 - PREJUÍZOS: Área total queimada 1 ha Plantação: Área --- ha de --- anos " Área --- ha de --- anos " Área --- ha de --- anos Sementeira: Área --- ha de 15 anos " Área --- ha de --- anos " Área --- ha de --- anos Estimativa do prejuizo 3.100 Despesa com extinção 677,50

10 - OBSERVAÇÕES DIVERSAS (escrever no verso)

Nota - Sublinhar o que interessa

3.100,00 3.100,00
677,50 677,50
3.777,50 3.777,50

LOCALIZAÇÃO

Descrição do povoamento ardido

Um hectare de um povoamento de Pinus Pinaster Sol ex Alt., com cerca de 15 anos de idade, porte irregular e diâmetros compreendidos entre 0,05m e 0,10 m. D.A.P.

0 OBSERVIZO FOS calculado: 0 que ardeu-1 ha. -- 2 000/00 Sementeira da área ardida - 1 ha..... 1 100/00 3 100/00

Despesas c/a extinção do incêndio..... 677,50

TOTA..... 3 777,50

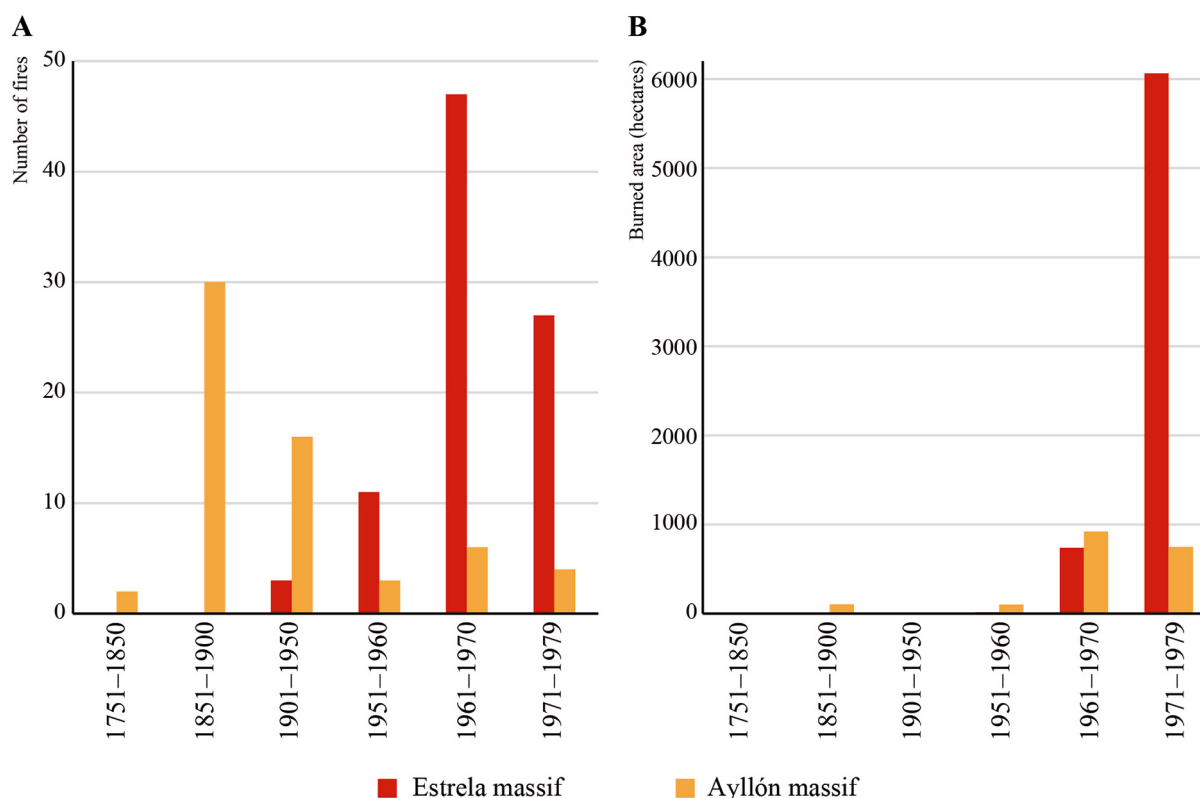
Manteigas, 11 de Setembro de 1967

9º Administrador Floresta

Source: Forest Services – Manteigas Administration, Record files of fire occurrences, diverse years, ICNF Credits: Authors, 2016

The Estrela massif is considered to be one of the most fire-prone areas in Portugal (Connor *et al.*, 2012; van der Knaap & van Leeuwen, 1995). From the second half of the twentieth century onward, the number of wildfires frequently exceeded its average number for the complete historical period. Even if the accepted shift for the Portuguese fire regime came in the nineteen seventies (Ferreira-Leite, Bento-Gonçalves, Lourenço, Úbeda, & Vieira, 2013), this took place one decade earlier in the Estrela massif, where 1961 and 1967 were critical years in terms of ignitions. Furthermore, large wildfires have mainly been recorded since 1967, when three wildfires burned more than 700 hectares of pine stands and shrubland in the Covilhã municipality. In the Ayllón massif, there is a similar temporal pattern for burned surface area, with two exceptional years in 1970 and 1978, when two and three wildfires burned more than 900 and 700 hectares respectively, but fire occurrence is higher at the end of the nineteenth and beginning of the twentieth centuries. Consequently, the first pyrotransition was only evident at the eastern end of the Central Mountain System, and the second one was stronger in the western end (Figure 4).

Figure 4. Number of fires (A) and burned area (B) in the period 1751–1979 (Estrela and Ayllón massifs)

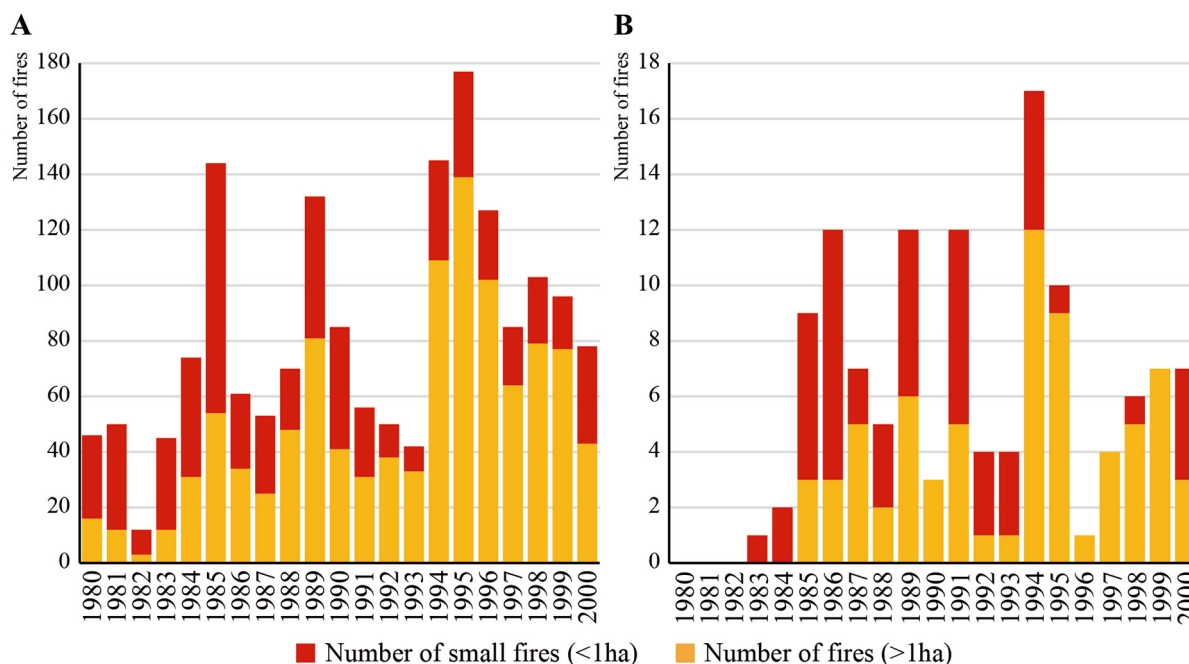


Sources: Complutense University of Madrid FHD. Own elaboration

In Estrela, most of the burned area was pine stands (particularly *Pinus pinaster*) and shrubland, and the majority of the burned stands were between ten and sixty years old. In Ayllón, the type of vegetation affected was slightly different, since it was shrubland and pasture vegetation above all, plus afforestation pines and oaks. The majority of losses were reported in terms of money, demonstrating that, in both massifs, it was not always the fire events with the most burned area that represented the greatest financial burden. In addition, it should be noted that the highest reported losses were particularly on public property, partly because these properties were managed by the forest administration following cost-effective forest planning management.

During the statistical period (1980–2000), fire records were quite different at either end of the Central Mountain System. In comparison with the 1731 wildfires recorded in the Estrela massif, only 123 wildfires were recorded in the Ayllón massif, and the average burned area was much higher in the Estrela massif than in the Ayllón massif. The annual evolution also differed in both areas. In the Estrela massif, there was an initial peak in the number of fires in 1985 and then others peaks took place (Figure 5).

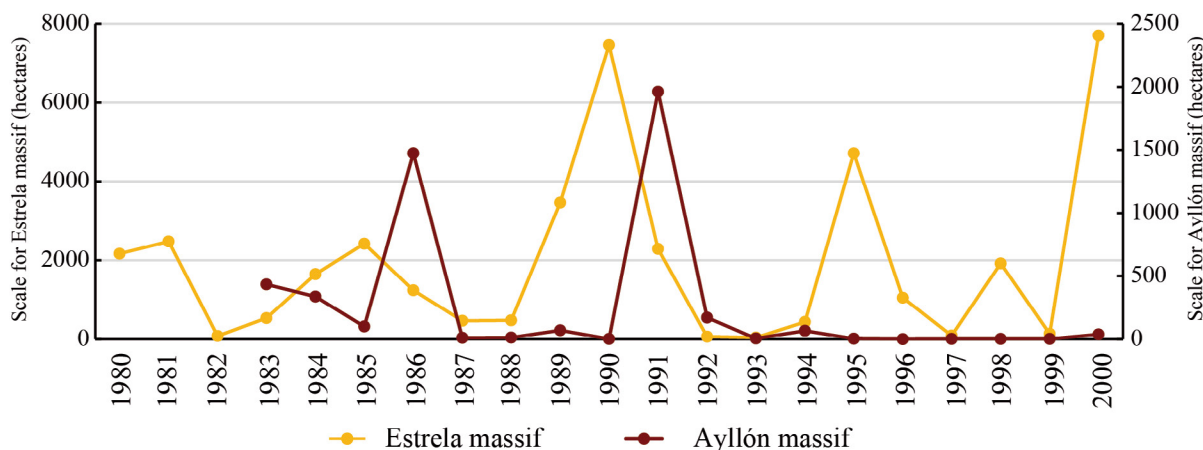
Figure 5. Number of fires in the period 1980–2000 in Estrela massif (A) and in Ayllón massif (B)



Sources: EGIF and ICNF Fire database. Own elaboration

The ignitions trend in the Ayllón massif is more irregular and the surface area burned is non-significant, except for 1986 and 1991 when the large wildfires recorded two maximums, both one year after similar maximums in the Estrela massif peaks (Figure 6).

Figure 6. Burned area in the period 1980–2000 (Estrela and Ayllón massifs)



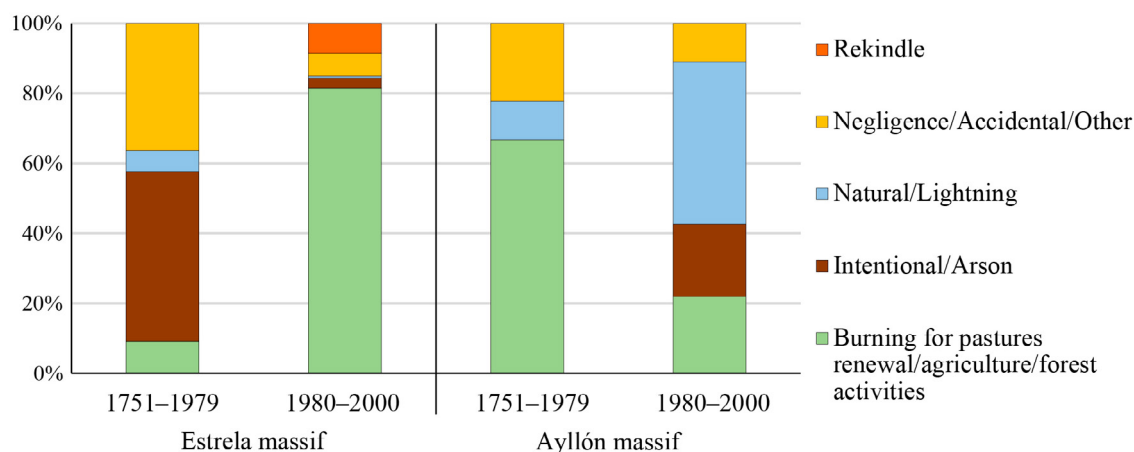
Sources: EGIF and ICNF Fire database. Own elaboration

The causes of fire changed significantly between the historical and the statistical period at both ends of the Central Mountain System. In the Estrela massif, most historical wildfires were intentional or due to negligent use of fire. A small proportion of fires stemmed from natural causes or burning activities for pasture renewal, agriculture or forest activities (Figure 7).

On the contrary, after 1980, pastoralism, agriculture or forest activities were the dominant cause of wildfires above all the rest, as was the case throughout the Guarda District (Lourenço *et al.*, 2013). In Ayllón, the main causes of wildfire were the use of fire in burning activities for pasture renewal, agriculture and forest activities, and negligence. This area was also characterized by a high number of natural wildfires, i.e., lightning. In turn, in the Estrela massif the larger number of fire ignitions were caused by

humans. However, the most remarkable aspect is that wildfires related to fire use for rural activities decreased and intentional wildfires started playing a stronger role during the statistical period at the eastern end of the Central Mountain System, just the opposite to the western end. The main reasons for this contrast are socio-ecological contexts and national regulations.

Figure 7. Causes of fire in the two ends of the Central Mountain System in the periods 1751–1979 and 1980–2000



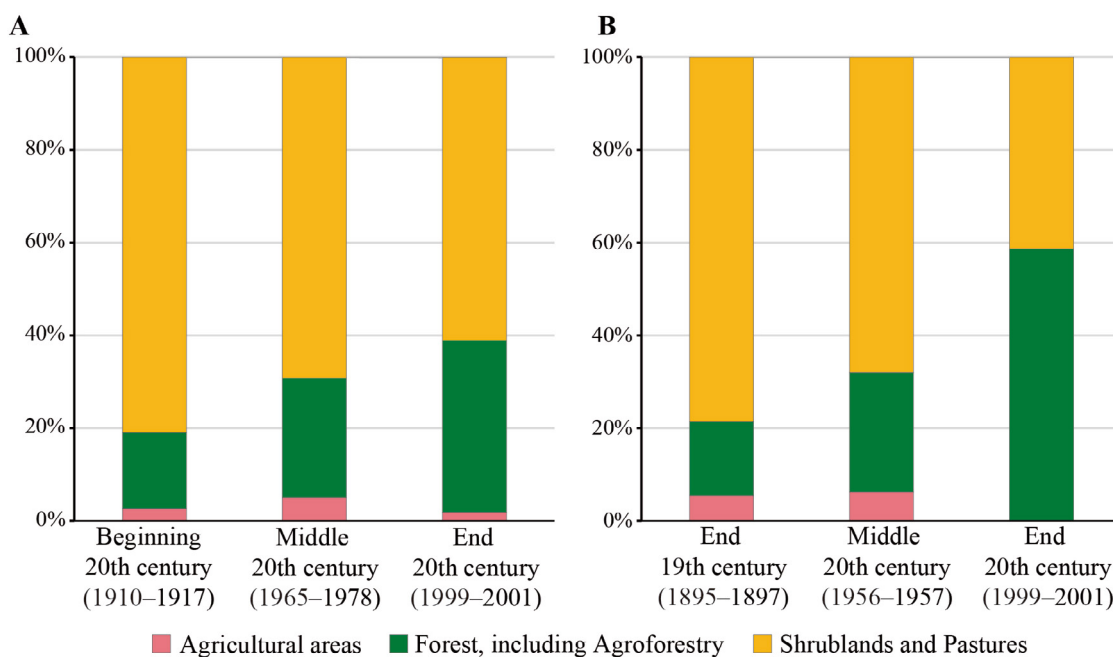
Sources: Complutense University of Madrid FHD. Own elaboration

3.2. Historical fire scenarios: the influence of contextual factors on fire occurrence through history

A historical fire scenario is a set of historical landscape drivers of wildfire, i.e., the past territorial dynamics that contextualize their contemporaneous fire regimes. The contextual factors analyzed in this paper are land use, population, and land management practices.

The general land use trend in the Estrela massif and in the Ayllón massif since the end of the nineteenth century has seen forest area progressing against shrubland and pastures, although featuring some local particularities (Figure 8).

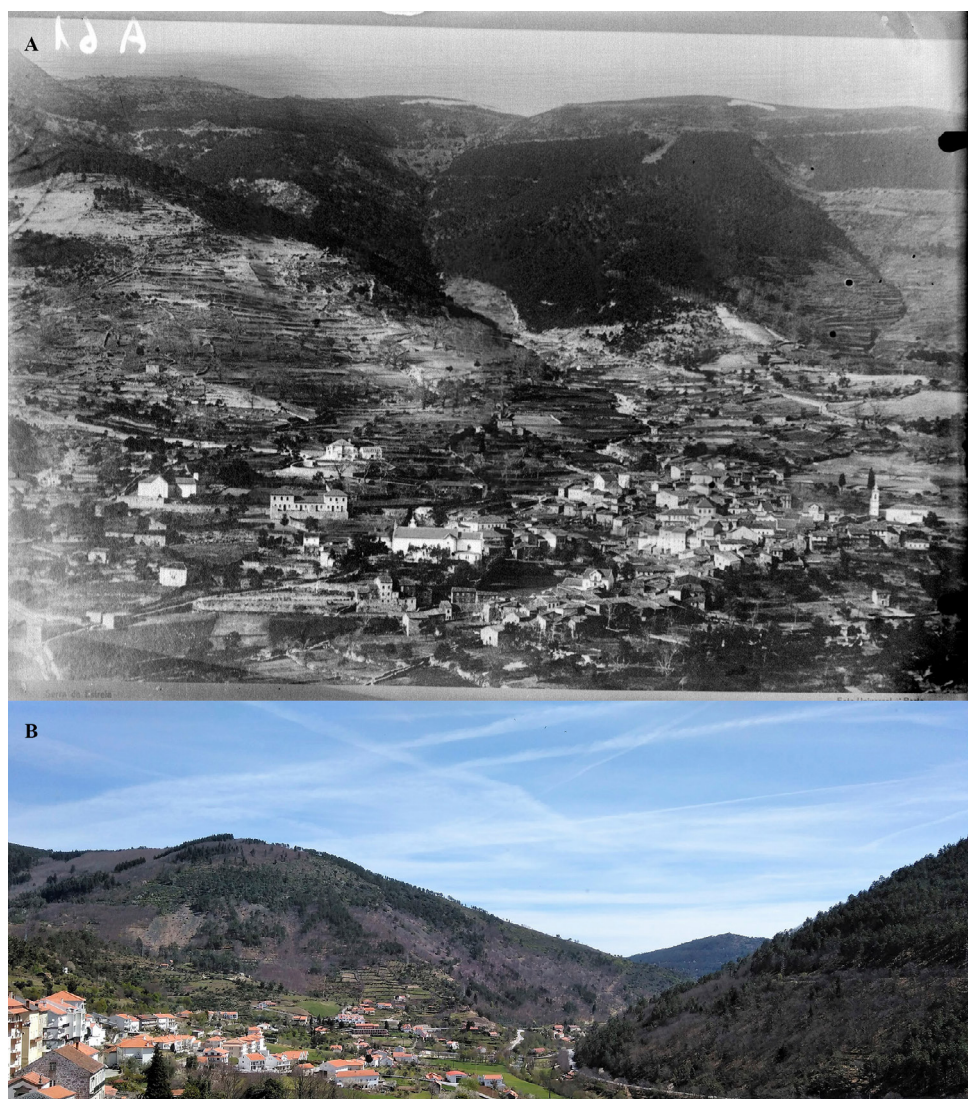
Figure 8. Land use changes in Estrela massif (A) and in Ayllón massif (B) from various sources



Own elaboration

In the case of Manteigas, it has been strongly influenced by the first afforestation plan implemented since the transfer of the land to the National Forest Service in 1880, and also since the law on Forest Regime came into force in 1901, which focused more on hydrological and soil conservation issues. Furthermore, the Afforestation Plan campaign of the New Regime (1938) led to completely occupying land either for crops or for afforestation purposes. Nevertheless, a few decades later, the relationship between rural society and territory changed. Agriculture lost its relevance in the Portuguese economy and society and the traditional rural organization system was transformed (Figure 9). This brought rural abandonment (less cultivated land, and less working population) (Baptista, 2010; Fernández & Corbelle, 2017), which led to a higher accumulation of fuels in forests. This, together with the previous monospecific afforestation campaign, favored the spread of wildfires (Oliveira, Guiomar, Baptista, Pereira, & Claro, 2017; Rego, 2001). After this shift (Torres, Pérez, Quesada, Viedma, & Moreno, 2016), agricultural production and productivity increased because of technological advances, and agricultural statistics show that the number of farms increased from 1989 to 1999, alongside the farming community, that was still more focused on animal production. Nevertheless, as the results show, the number of fires increased as well as the number of years that had unexpected fire events.

Figure 9. Two photographs of the surroundings of Manteigas town, at the glacial valley of the river Zezere, Estrela massif, at different times. Pine trees at the hills and agricultural structures close to the town can be seen, much more agricultural areas in the first photograph

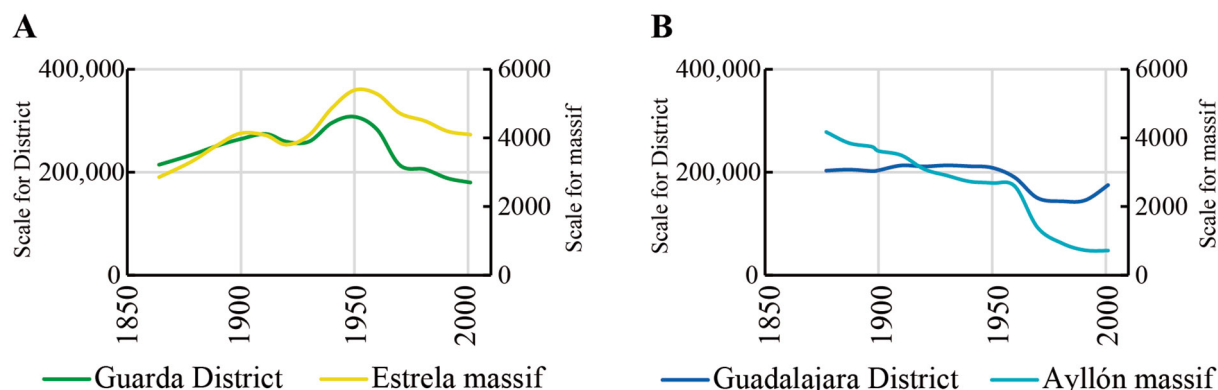


Source: (A) Photograph Service of the O Século Journal, Album nr 194, dates between years 1921 and 1928. Torre do Tombo National Archive, DigiArq, PT/TT/EPJS/SF/001-001/0194/A0061; (B) Credits: Authors, 2017

In the Sorbe and Jarama case studies, in the fourteenth century (in Alfonso XI's third book or *Libro de Montería*) forest wildlife was abundant and Sorbe was referred to as wild bear and wild pig territory. However, later in the second half of the sixteenth century (in Felipe II's *Relaciones Topográficas*), few forests were mentioned and the vast majority were turned into pastures, largely due to the increasingly powerful *Mesta* (nationwide association of sheep ranchers in the Crown of Castille land that lasted until the beginning of the nineteenth century) requirements and their incompatibility with large forests. In the eighteenth century, the area was heavily deforested, and most of the forest was turned into communal wastelands for grazing. Pines were more abundant in the Galve de Sorbe area than in the rest of the area, according to the *Catastro de Ensenada* (land registry). In the nineteenth century, and according to the Madoz's Geographic, Statistical and Historical Dictionary of Spain, there were pines, heaths and shrubs, and wood was extracted for domestic use, commerce (charcoal to supply Madrid), and other purposes (Hernando & Madrazo, 2016). The greatest degradation of forests occurred with the disentailment process because this involved extensive logging to make them suitable as farmland, which increased the number of fires (Iriarte-Goñi & Ayuda, 2018; Vadell, de-Miguel, & Pemán, 2016). This last period corresponds to setting up the Forest Administration in Spain, when protection and custody processes began for the towns and local authorities' forested land. In terms of laws, it appeared in the First Forest Law of 1863 and its first reform in 1957 and other subsequent reforms once in the twenty-first century.

The population at either end of the Central Mountain System increased in the twelfth century, coinciding with the construction of monasteries and castles for protection against Muslims and Arabs. Nevertheless, from the second half of the nineteenth century, population has always been scarce by district/province standards (Figure 10).

Figure 10. Number of inhabitants in Estrela massif (A) and in Ayllón massif (B)

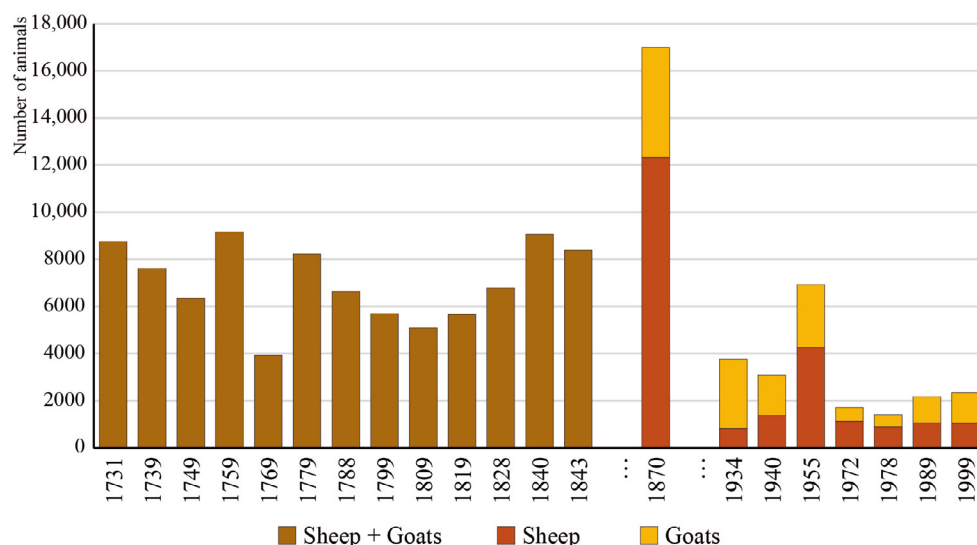


Source: Portuguese population census (INE, Portugal) and Spanish population census (INE, Spain). Own elaboration

In Portugal, statistics show that the average number of inhabitants in Manteigas has always been low and the downward trend in population growth after the sixties followed the same trend as the District of Guarda. In the Ayllón massif, growth trends did not always follow the Province of Guadalajara. The population in the Province rose after 1981, due to the metropolitan dynamics of the urban region of Madrid, but in the massif, population growth moved against this trend, even though some municipalities were annexed in 1970 and 1981, which increased the number of inhabitants. In both cases, population declined most numerically in the sixties, seventies and part of the eighties due to emigration processes and rural exodus (Galvão & Devy-Vareta, 2010; Paniagua & Hoggart, 2001), which coincide with the increase in burned area.

At both ends of the Central Mountain System, local societies are rural mountain communities, which lived off subsistence farming (cultivation of cereals and potatoes), raising livestock and of the transhumance of wool livestock, although the latter was much more important in Spain than in Portugal. In the Estrela massif, the grazing system of transhumance (i.e., migratory herding) for wool production lasted until the beginning of the twentieth century from the Estrela massif in summer to the Alentejo area in winter. After that, there was still transhumance but confined to the mountain area and the core production switched to traditional sheep's cheese where the average production property was a small-scale family milk production facility (Martinho, 1981). Livestock units were abundant in Manteigas through the nineteenth century, reaching a peak at the end of the nineteenth century boasting more than 16,000 units (Figure 11).

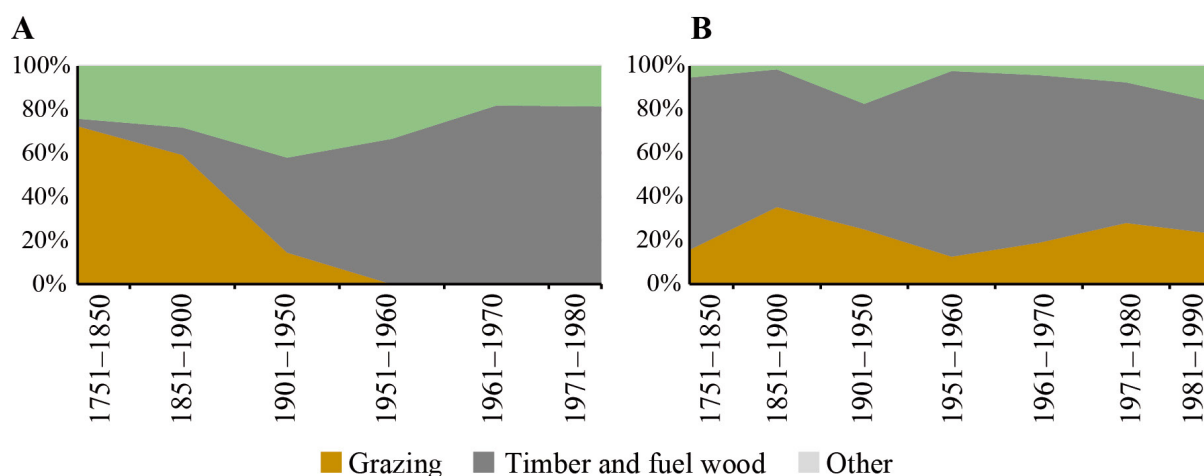
Figure 11. Livestock (annual number of sheep and goats) in Estrela massif



Sources: Manteigas municipal archive (annual cattle units) and Portuguese general census of agriculture (INE, Portugal). Own elaboration

In the twentieth century there was a steep decline in number of livestock, except for 1955, and sheep always outnumbered goats, and still do. Once the Manteigas Forest Perimeter was created (1888) and the Forest Service began the afforestation campaigns, grazing activities began to decline as logging increased (Figure 12).

Figure 12. Changes in forest uses in Estrela massif (A) and in Ayllón massif (B)



Sources: Municipal archives of Estrela and Ayllón massifs (Table 2) - forest management documents. Own elaboration

This is also supported by records of complaints by several shepherds found in the minutes of municipal council meetings from that period, in which is said that the grazing fields had become fewer and smaller since reforestation had begun (Manteigas Municipal Council, 1885-1895).

In the Ayllón massif, agriculture (mostly cereal production, namely rye) played a secondary role compared to the livestock activities, especially because the cultivated lands were clayey and stony and production was small in scale, mostly in the more fertile lands (Gómez Mendoza, 1967). Regarding livestock, in the Ayllón massif, and as opposed to the current situation where cows are very numerous, sheep and goats have dominated this rural economy since pre-Roman times, when the large flocks travelled from this area to Andalucía and Extremadura. From the thirties onwards, the number of cows in Ayllón has been increasing, due to a growing trend in open-range livestock grazing for meat production. Goat units decreased significantly, partly due to imposing rural development plans in the sixties. Since this system

focuses on grazing activities, the vast number of complaints found from the twentieth century onwards are related to grazing. Before 1930, sheep and goats were much more abundant in the upper Sorbe (Cantalojas and Galve de Sorbe municipalities) and numbers started decreasing at the end of the forties.

Concerning land tenure, the vast majority of the land was communal and had practically no wage labor in both mountain areas. In the Ayllón massif, at the beginning of the fifteenth century, some forests of the *sexmo of Transierra* were property of the Community of the Town and Land of Ayllón (a very important key element in management of the territory), and half a century later, they belonged to the Marquis of Villena, Lord of Ayllón. According to the *Proyecto de Ordenación del MUP de los propios de Galve* in 1954, there is also evidence of part of this territory belonging to Galve County, bounded with the House of Alba and vague references to a religious order that had possibly been subject to the disentailment process. In any case, they maintained the same type of management authority until the disentailment processes began, when the old feudal system became obsolete and was replaced by a municipal management system, with its Public Utility Forest figure. A comparable process happened in Portugal by means of the legal figure of Forest Perimeters after 1888, when the Forest Service began to take a prime role in forest management.

Finally, the political focus in Manteigas on timber and fuel wood and the rural exodus had made it impossible to maintain the traditional rural livestock system and this is directly related to the fire history. In Ayllón, the traditional rural system had changed in scale but continued to maintain its structure, which enabled a more controlled rise in wildfire-burned area, despite the very pronounced rural exodus that also took place (Figure 13).

Figure 13. Photograph of the surroundings of La Huerce town, municipality of La Huerce, Ayllón massif, which is extremely depopulated. The three layers are seen: tree canopy layer (pine tree afforestation, in green), shrubland layer (in red), and ground layer (in orange)



Credits: Authors, 2017

4. Discussion

The results obtained show that the evolution of the fire regime in the Central Mountain System during the nineteenth and twentieth centuries was non-linear. On a regional scale, there were two important pyrotransitions: the first at the end of the eighteenth century/beginning of the nineteenth century, when both the number of fires and burned area increased significantly; and a second in the middle of the twentieth century, when large wildfires also became more frequent (Araque Jiménez *et al.*, 1999; Montiel-

Molina, 2013b), highlighting the mismatch between the fire regime and the landscape dynamics (Silva, Rego, Fernandes, & Rigolot, 2010). In fact, due to differences in landscape character and dynamics, a certain time lag and specific features for the second pyrotransition can be seen at a local scale at both ends of this mountainous region (Table 5).

Table 5. Pyrotransitions in Estrela and Ayllón massifs

Massif	Pyrotransitions and their characteristics		
	19 th century	20 th century	
Estrela		<p><u>Throughout the 1960s:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Increase of the number of fires from the beginning of the decade - Increase of burned area at the end of the decade 	<p><u>The middle 1980s:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Increase of the number of fires - Uncertainty
		<p><u>End of the 19th century:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Increase of the number of fires 	<p><u>The 1970s:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Increase of burned area
Ayllón			

Own elaboration

According to these fire regime changes and considering that fire causes are directly related to socioeconomic organization and resource management and protection systems (Montiel-Molina, 2013a), three different stages in the fire regime evolution have been identified in the Estrela and Ayllón massifs throughout the nineteenth and twentieth centuries: (a) before the pyrotransition of the end of the nineteenth century; (b) the first half of the twentieth century, until the second pyrotransition; and (c) the second half of the twentieth century, when another change of fire regime was foreseen in the mid-eighties because of growing uncertainty.

Land use features and socio-spatial structure had a relevant influence on fire regime evolution in each place (Beilin & Reid, 2015; Cabana Iglesia, 2007; Lambin & Meyfroidt, 2010). Actually, one of the main influencing factors is the land management system and its impact on the state of natural resources. Maintenance of pastures for wool production was key to fuel reduction in the Estrela and Ayllón massifs for centuries. However, the decline of this economic sector in the Estrela massif at the beginning of the twentieth century (Marques, 2006) and the subsequent abandoning of pastures led to the progressive accumulation of fuel, in contrast with the situation in the Ayllón massif, where the ongoing grazing activities implied a lower wildfire propagation risk. The increase in the number of fires caused by burnings in Estrela after 1980 demonstrates poor adaptation of the new communities to old traditional farming and grazing activities, which did not happen in the Ayllón massif. In the Ayllón massif, despite the acknowledged changes, rural society was able to maintain its farming system of open-range livestock grazing and consolidate the forestry sector. This was possible because, regardless of changes in land ownership that came with the disentailments (which had social, economic, cultural and ecologic consequences), the majority were able to maintain their communal character. As such, despite the low index of human occupation and conflicts among inhabitants, forest management significantly reduced the historical incidence of fires in the Ayllón massif compared to its regional context. In Manteigas, the successive regulatory frameworks from the late nineteenth century that changed its landscape dynamics resulted in conflicts between the inhabitants, local power and the Forest Services due to insufficient pasture areas, as well as a high number of fines for forest infractions.

Landscape changes are related to socioeconomic and political history (Moreira, Rego, & Ferreira, 2001), and indeed the case studies demonstrate that the change in fire scenarios led to a shift in the fire regime. Just before each identified pyrotransition the system was disrupted (imbalance of the contextual factors that compounded the rural system: land use, population and forest management). Such disruptive events gave way to a new fire regime (rise in the number of fires and burned area, and especially catastrophic fire events) that stabilized for a period, until the next fire scenario began. In fact, other studies from the Geography discipline in different areas of the Iberian Peninsula confirmed the disruption of the traditional rural system from the mid-twentieth century. That is the case of Cantabria and Galicia, where additionally was confirmed the effect of that disruption in the increase of fire frequency and also in the increase of the number of fires motivated by conflicts (Cabana Iglesia, 2009; Carracedo Martín, 2015). At

this point, it is fair to say that human factors carried more weight in fire regimes at both ends of the Central Mountain System than environmental factors, like topography, soil features, weather conditions and build up of fuel. Nevertheless, the contextual factor that triggered the change differed between the two case studies: in Estrela, population was demonstrated to be the factor that was controlling the local rural system and once it decreased, the system, as it was, began to collapse. In Ayllón, the contextual factor that kept the system going was the rural land use practices, and they were maintained.

5. Conclusions

The reconstruction of the fire history and the analysis of the contextual factors at the local level have allowed us to verify the hypothesis that relates any disruption within the social-ecological system with an abrupt shift in fire regime in the inner mountain areas of the Iberian Peninsula. However, we found that the influence of human factors was stronger than environmental differences to explain the changes in wildfire risk at the two ends of the Central Mountain System during the last two centuries. Despite sharing characteristics as part of the same mountain region, the Estrela and Ayllón massifs present different features such as their size, dissimilar range of altitude, and different annual precipitation. Nevertheless, the socio-economic and political contexts on their own were definitely enough to generate different fire regimes as well as distinct associated human causes of wildfires during the nineteenth and twentieth centuries.

The relationship between fire regimes and landscape structure dynamics (fire scenarios: land use, population and forest management) brought about the main fire regime changes throughout the nineteenth and twentieth centuries. In fact, before the second pyrotransition, fire was a well-integrated element of the rural landscapes serving as a land management tool. After the general disarticulation of the traditional rural system, taking place at both ends of the Central Mountain System at different times according to the contextual factors on the local scale, the fire regime stepped up to a wildfire regime, leading not only to an increase in fire occurrence, but also to a larger burned area and to a great deal of uncertainty. If fire causes had mainly been related to rural activities previously, after the middle of the twentieth century they started being linked to social and economic development and the change of lifestyle in both countries. The depopulation and associated abandonment of traditional land management practices from the sixties in Manteigas resulted in a structural imbalance associated with human-caused wildfires. In this case, fire has turned out to be a landscape degradation factor. On the contrary, despite the pronounced population decline after the second pyrotransition in the Ayllón massif, maintenance of land management and cultural heritage have created a more resilient landscape to wildfire risk. At present, its historical dynamics must be understood to raise awareness of the fire risk policies dealing with the driving forces of landscape change (Antrop, 2005; Connor *et al.*, 2012; Seijo *et al.*, 2015). In fact, the close relationship between the components of this traditional local rural system (people, livestock and vegetation) should definitely be further explored to formulate and implement fire management policies for the future (Canadas, Novais, & Marques, 2016; Fernandes, Guiomar, Mateus, & Oliveira, 2017).

2017 was a catastrophic year of wildfires in the Iberian Peninsula (Comissão Técnica Independente, 2017), and in the twenty-first century Portugal and Spain are considered to be the first and second southern European countries most affected by fires (European Commission, 2017). In that context, this geohistorical approach, which can be applied wherever there is documented historical fire records, proves to be a suitable and added contribution to incorporate lessons learnt from the long-term fire history into current and future wildfire scenario challenges (Carracedo Martín *et al.*, 2017).

Funding

This work was funded by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness [National Project I+D+i FIRESCAPE CSO2013-44144-P]; and the Ministry of Science and Innovation [grant number FPI BES-2014-068696]. It was developed as part of a PhD in Geography in the Research Group on Forest Geography, Policy and Socioeconomics at the Complutense University of Madrid.

Acknowledgments

We would like to thank the mayor and officers of all municipalities in the study, as well as the local forest rangers for all the information they provided and the time they spent with us.

References

- Abel-Schaad, D., & López-Sáez, J. A. (2013). Vegetation changes in relation to fire history and human activities at the Peña Negra mire (Bejar Range, Iberian Central Mountain System, Spain) during the past 4,000 years. *Vegetation History and Archaeobotany*, 22(3), 199–214. <https://doi.org/10.1007/s00334-012-0368-9>
- Almeida, A. C., Nunes, A., & Figueiredo, A. (2009). *Mudanças no uso do solo no interior Centro e Norte de Portugal*. <https://doi.org/10.14195/978-989-26-0366-7>
- Antrop, M. (2005). Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning*, 70(1–2), 21–34. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.002>
- Araque Jiménez, E., Vélez Muñoz, R., Gómez Mendoza, J., Valdes, C. M., Fernández Muñoz, S., Guitián Rivera, L., ... Pyne, S. J. (1999). *Incendios históricos. Una aproximación multi-disciplinar*. (E. Araque Jiménez, Ed.). Baeza: Universidad Internacional de Andalucía.
- Badia, A., Pèlachs, A., Vera, A., Tulla, A. F., & Soriano, J. M. (2014). Cambios en los usos y cubiertas del suelo y vulnerabilidad en las comarcas de montaña de Cataluña. Del rol del fuego como herramienta de gestión a los incendios como amenaza. *Pirineos. Revista de Ecología de Montaña*, 169, e001. <https://doi.org/10.3989/Pirineos.2014.169001>
- Baptista, F. O. (2010). *O Espaço Rural - Declínio da Agricultura* (1st ed.). Lisboa: Celta.
- Beilin, R., & Reid, K. (2015). It's not a 'thing' but a 'place': reconceptualising 'assets' in the context of fire risk landscapes. *International Journal of Wildland Fire*, 24(1), 130–137. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1071/WF14035>
- Brown, P. M., Kaufmann, M. R., & Shepperd, W. D. (1999). Long-term landscape patterns of past fire events in a montane Ponderosa pine forest of Central Colorado. *Landscape Ecology*, 14, 513–532. <https://doi.org/10.1023/A:1008137005355>
- Cabana Iglesia, A. (2007). Los incendios en el monte comunal gallego. Lugo durante el primer franquismo. *Historia Agraria*, 43, 555–557.
- Cabana Iglesia, A. (2009). A cultura de fuego en los montes gallegos. Aproximación a una relación histórica. *Recursos Rurais. Revista oficial do IBADER*, 5, 101–106.
- Camarero, J. J., Sangüesa-Barreda, G., Montiel-Molina, C., Seijo, F., & López-Sáez, J. A. (2018). Past growth suppressions as proxies of fire incidence in relict Mediterranean black pine forests. *Forest Ecology and Management*, 413, 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.01.046>
- Canadas, M. J., Novais, A., & Marques, M. (2016). Wildfires, forest management and landowners' collective action: A comparative approach at the local level. *Land Use Policy*, 56, 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.035>
- Carracedo Martín, V., Cunill Artigas, R., García Codron, J. C., Soriano López, J. M., Pèlachs Mañosa, A., & Pérez Obiol, R. (2017). Fuentes para la geografía histórica de los incendios forestales. Algunas consideraciones metodológicas. *Cuadernos Geográficos*, 56(3), 66–89.
- Carracedo Martín, V. (2015). *Incendios forestales y gestión del fuego en Cantabria* (Tesis doctoral). Universidad de Cantabria. Santander.
- Castellnou, M., Miralles, M., & Molina, D. (2009). Patrones de propagación de incendios forestales y su uso para la planificación. In R. Vélez Muñoz (Ed.), *Incendios Forestales: Fundamentos y Aplicaciones* (pp. 274–282). McGraw-Hill.
- Comissão Técnica Independente. (2017). *Análise e apuramento dos factos relativos aos incêndios que ocorreram em Pedrogão Grande, Castanheira de Pera, Ansião, Alvaiázere, Figueiró dos Vinhos, Arganil, Góis, Penela, Pampilhosa da Serra, Oleiros e Sertã, entre 17 e 24 de junho de 2017*. Lisboa: Assembleia da República.
- Connor, S. E., Araújo, J., van der Knaap, W. O., & van Leeuwen, J. F. N. (2012). A long-term perspective on biomass burning in the Serra da Estrela, Portugal. *Quaternary Science Reviews*, 124(55), 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.08.007>

- Costa, P., Castellnou, M., Larrañaga, A., Miralles, M., & Kraus, D. (2011). *La Prevención de los grandes incendios forestales adaptada al incendio tipo*. (J. Vendrell, E. Nebot, M. Borrás, & H. Ballart, Eds.). Barcelona: Unitat Tècnica del GRAF.
- Devy-Vareta, N. (2003). O Regime Florestal em Portugal através do século XX (1903-2003). *Revista Da Faculdade de Letras - Geografia*, XIX, 447–455.
- European Commission. (2017). *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2016 - Scientific and Technical Research Series - JRC Technical Reports*. <https://doi.org/10.2760/17690>
- Fernandes, P.M., Loureiro, C., Guiomar, N., Pezzatti, G.B., Manso, F.T. & Lopes, L. (2014). The dynamics and drivers of fuel and fire in the Portuguese public forest. *Journal of Environmental Management*, 146, 373-382. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.049>
- Fernandes, P. M., Guiomar, N., Mateus, P., & Oliveira, T. (2017). On the reactive nature of forest fire-related legislation in Portugal: A comment on Mourão and Martinho (2016). *Land Use Policy*, 60, 12–15. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.008>
- Fernández, D., & Corbelle, E. (2017). Cambios en los usos de suelo en la Península Ibérica: un meta-análisis para el período 1985-2015. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 21(1), 215.
- Ferreira-Leite, F., Bento-Gonçalves, A., Lourenço, L., Úbeda, X., & Vieira, A. (2013). Grandes Incêndios Florestais em Portugal Continental como resultado das perturbações nos regimes de fogo no mundo Mediterrâneo. *Silva Lusitana*, 21(Especial), 129–144.
- Food and Agriculture Organization (FAO). FAO Climate database, 1961-2015.
- Franco Múgica, F., García Antón, M., Maldonado Ruiz, J., Morla Juaristi, C., & Sainz Ollero, H. (2001). Evolución de la vegetación en el sector septentrional del macizo de Ayllón (Sistema Central). Análisis polínico de la turbera de Pelagallinas. *Anales Del Jardín Botánico de Madrid*, 59(1), 113–124. <https://doi.org/10.3989/ajbm.2001.v59.i1.102>
- Franco Múgica, F., García Antón, M., & Sainz Ollero, H. (1998). Vegetation dynamics and human impact in the Sierra de Guadarrama, Central System, Spain. *The Holocene*, 8(1), 69–82. <https://doi.org/10.1191/095968398675691171>
- Galvão, M. J., & Devy-Vareta, N. (2010). A multifuncionalidade das paisagens rurais: uma ferramenta para o desenvolvimento. In *Cadernos do Curso de Doutorado em Geografia* (pp. 61–86). Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Ganteaume, A., Camia, A., Jappiot, M., San-Miguel-Ayanz, J., Long-Fournel, M., & Lampin, C. (2013). A Review of the main driving factors of Forest Fire ignition over Europe. *Environmental Management*, 51(3), 651–662. <https://doi.org/10.1007/s00267-012-9961-z>
- Gil García, M. J. (1992). *Dinámica de la paleovegetación en el sector oriental del Sistema Central Español durante el Holoceno, en base al análisis polínico. Implicaciones climáticas*. Madrid: Universidad de Alcalá de Henares.
- Gómez Mendoza, J. (1967). La venta de baldios y comunales en el siglo XVI. Estudio de su proceso en Guadalajara. *Estudios Geograficos*, 28(109), 499.
- Hernandez Vera, T., & Ruiz Zapata, B. (1984). Datos preliminares de los analisis polinicos de las tollas ubicadas en Galve de Sorbe (Guadalajara). *Anales Asociación Palinólogos de Lengua Española*, (1), 71–76. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10396/8427>
- Hernando, J., & Madrazo, G. (2016). Firewood and Charcoal Consumption in Madrid during Eighteenth Century and Its Effects on Forest Landscapes. In Springer (Ed.), *Environmental History in the Making* (pp. 321–340). https://doi.org/10.1007/978-3-319-41085-2_18
- Iriarte-Goñi, I., & Ayuda, M.-I. (2018). Should Forest Transition Theory include effects on forest fires? The case of Spain in the second half of the twentieth century. *Land Use Policy*, 76, 789–797. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.009>
- Janssen, C. R., & Woldringh, R. E. (1981). A preliminary radiocarbon dated pollen sequence from the Serra da Estrela, Portugal. *Finisterra*, 16(32), 299–309. <https://doi.org/10.18055/Finis2176>
- Joanaz de Melo, C. (2017). *Arborizar contra cheias, tempestades e marés 1834-1886 - Políticas de águas e de florestas em Portugal*. Lisboa: Instituto de Arqueologia e Paleociências (UNL) e Instituto de História Contemporânea.

- Lambin, E. F., & Meyfroidt, P. (2010). Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socio-economic change. *Land Use Policy*, 27(2), 108–118. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.09.003>
- Leone, V., Lovreglio, R., & Martínez-Fernandéz, J. (2002). Forest fires and anthropogenic influences. A study case (Gargano National Park, Italy). In D. Viegas (Ed.), *IV International Conference on Forest Fire Research & Wildland Fire Safety Summit* (p. 17). Rotterdam: Millpress Science Publishers.
- López-Merino, L., López-Sáez, J. A., Alba-Sánchez, F., Pérez-Díaz, S., & Carrión, J. S. (2009). 2000 years of pastoralism and fire shaping high-altitude vegetation of Sierra de Gredos in central Spain. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 158, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2009.07.003>
- López-Sáez, J. A., Abel-Schaad, D., Luelmo-Lautenschlaeger, R., Robles-López, S., Pérez-Díaz, S., Alba-Sánchez, F., ... Gavilán, R. G. (2018). Resilience, vulnerability and conservation strategies in high-mountain pine forests in the gredos range, central Spain. *Plant Ecology and Diversity*, 11(1), 97–110. <https://doi.org/10.1080/17550874.2018.1449261>
- López-Sáez, J. A., Abel-Schaad, D., Pérez-Díaz, S., Blanco-González, A., Alba-Sánchez, F., Dorado, M., ... Franco Múgica, F. (2014). Vegetation history, climate and human impact in the Spanish Central System over the last 9000 years. *Quaternary International*, 353(December), 98–122. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.06.034>
- López-Sáez, J. A., Vargas, G., Ruiz-Fernández, J., Blarquez, O., Alba-Sánchez, F., Oliva, M., Pérez-Díaz, S., Robles-López, S., Abel-Schaad, D. (2018). Paleofire dynamics in Central Spain during the Late Holocene: The role of climatic and anthropogenic forcing. *Land Degradation and Development*, 29(7), 2045–2059. <https://doi.org/10.1002/ldr.2751>
- López García, P. (1978). Resultados polínicos del Holoceno en la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 35, 9–44.
- López Gómez, A. (1980). Los bosques de la serranía de Atienza en el s. XVIII. *Wad-Al-Hayara: Revista de Estudios de Guadalajara*, 7, 369–378.
- Lourenço, L., Fernandes, S., Nunes, A., Gonçalves, A. B., & Vieira, A. (2013). Determination of forest fire causes in Portugal (1996-2010). *Flamma*, 4(3), 171–175.
- Lourenço, L., & Malta, P. (1993). Elementos estatísticos - Incêndios florestais em Portugal Continental na década de 80 e anos seguintes. *Finisterra*, XXVIII(55–56), 261–277.
- Macedo, F. W., & Sardinha, A. M. (1987). *Fogos Florestais*. Lisboa, Portugal: Publicações Ciência e Vida, Lda.
- Magalhães, S. R., Ribeiro, C. A., Castro, J. M., Fernandes, P., Silva, C. A., Pinheiro, H., & Azevedo, J. C. (2017). Comportamento do fogo em diferentes períodos e configurações de uma paisagem no Nordeste de Portugal. *Ciência Florestal, Santa Maria*, 27(2), 457–469. <https://doi.org/10.5902/1980509827728>
- Manteigas Municipal Council. (1885–1895). *Manteigas Municipal Council Meeting Books*. Manteigas, Portugal.
- Marques, P. P. (2006). *Serra da Estrela: Gestão e Conservação de Habitats Prioritários - Projecto LIFE Natureza (LIFE02/NAT/P/8478)*. Tortosendo: Associação de Produtores Florestais do Paul.
- Martínez-Fernandéz, J., Vega-garcía, C., & Chuvieco, E. (2008). Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. *Journal of Environmental Management*, 90, 1241–1252. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.005>
- Martinho, A. T. (1981). *O pastoreio e o queijo da Serra*. (SNPRPP, Ed.) (2ª edição). Seia: Serviço Nacional de Parques Reservas e Património Paisagístico.
- Meneses, B. M., Reis, R., Vale, M. J., & Saraiva, R. (2015). Land use and land cover changes in Zêzere watershed (Portugal) - Water quality implications. *Science of the Total Environment*, 527–528, 439–447. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.092>
- Meneses, B., Reis, E., & Reis, R. (2018). Assessment of the recurrence interval of wildfires in mainland Portugal and affected LUC patterns identification. *Journal of Maps*, 14(2), 282–292. <https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1454351>
- Montiel-Molina, C. (2013a). Investigación geohistórica sobre las causas de los incendios forestales. *Montes*, 114, 17–21. Recuperado de https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-36030/2013_114_017_021.pdf

- Montiel-Molina, C. (2013b). *Presencia histórica del fuego en el territorio*. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).
- Montiel-Molina, C., & Galiana-Martín, L. (2016). Fire scenarios in Spain: a territorial approach to proactive fire management in the context of global change. *Forests*, 7(273), 17. <https://doi.org/10.3390/f7110273>
- Morales-Molino, C., García Antón, M., Postigo-Mijarra, J. M., & Morla, C. (2013). Holocene vegetation, fire and climate interactions on the westernmost fringe of the Mediterranean Basin. *Quaternary Science Reviews*, 59, 5–17. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.10.027>
- Morcillo San Juan, A. (2001). Evolución del Patrimonio Forestal Público en la Provincia de Guadalajara durante los siglos XIX y XX. In *Actas del III Congreso Forestal Español* (p. 6).
- Moreira, F., Rego, F. C., & Ferreira, P. G. (2001). Temporal (1958–1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence. *Landscape Ecology*, 16(6), 557–567. <https://doi.org/10.1023/A:1013130528470>
- Moreno, J. M., Vázquez de la Cueva, A., & Vélez, R. (1998). Recent history of forest fires in Spain. In J. Moreno (Ed.), *Large Forest Fires* (pp. 159–185).
- Moreno, M. V., Conedera, M., Chuvieco, E., & Pezzatti, G. B. (2014). Fire regime changes and major driving forces in Spain from 1968 to 2010. *Environmental Science and Policy*, 37, 11–22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2013.08.005>
- National Statistics Institute (INE) - Statistics Portugal. Population Census from 1864 to 2001.
- Oliveira, S. L. J., Pereira, J. M. C., & Carreiras, J. M. B. (2012). Fire frequency analysis in Portugal (1975–2005), using Landsat-based burnt area maps. *International Journal of Wildland Fire*, 21(1), 48–60. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1071/WF10131>
- Oliveira, T. M., Guiomar, N., Baptista, F. O., Pereira, J. M. C., & Claro, J. (2017). Is Portugal's forest transition going up in smoke? *Land Use Policy*, 66, 214–226. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.04.046>
- Paniagua, A. (2009). The politics of place: Official, intermediate and community discourses in depopulated rural areas of Central Spain. The case of the Riaza river valley (Segovia, Spain). *Journal of Rural Studies*, 25(2), 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.12.001>
- Paniagua, A., & Hoggart, K. (2001). The restructuring of rural Spain? *Journal of Rural Studies*, 17(1), 63–80. [https://doi.org/10.1016/S0743-0167\(00\)00037-1](https://doi.org/10.1016/S0743-0167(00)00037-1)
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2009). A burning story: the role of fire in the history of life. *BioScience*, 59(7), 593–601. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.7.10>
- Raposo, L., & Santonja, M. (1995). The earliest occupation of Europe: the Iberian peninsula. In *Analecta Praehistorica Leidensia - Proceedings of the European Science Foundation Workshop at Tautavel (France)*, 1993 (Vol. 27, pp. 7–25). <https://doi.org/http://hdl.handle.net/1887/27943>
- Rego, F. C. (1992). Land use changes and wildfires. In A. Teller, P. Mathy, & J. N. R. Jeffers (Eds.), *Responses of Forest Ecosystems to Environmental Changes* (pp. 367–368). https://doi.org/10.1007/978-94-011-2866-7_33
- Rego, F. C. (2001). *Florestas Públicas*. Lisboa: Ministério da Agricultura e Direcção Geral das Florestas.
- Robles-López, S., Luelmo-Lautenschlaeger, R., Pérez-Díaz, S., Abel-Schaad, D., Alba-Sánchez, E., Ruiz-Alonso, M., & López-Sáez, J. A. (2017). Vulnerabilidad y resiliencia de los pinares de alta montaña de la Sierra de Gredos (Ávila, Sistema Central): dos mil años de dinámica socioecológica. *Cuaternario y Geomorfología*, 31(3–4), 51–72. <https://doi.org/10.17735/cyg.v31i3-4.55594>
- Rodrigues, M., de la Riva, J., & Fotheringham, S. (2014). Modeling the spatial variation of the explanatory factors of human-caused wildfires in Spain using geographically weighted logistic regression. *Applied Geography*, 48, 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.01.011>
- Ruiz Zapata, B., Andrade Olalla, A., Gil García, M. J., Dorado Valiño, M., & Atienza Ballano, M. (1996). Evolución de la vegetación en los últimos 6000 años en los sectores central y oriental del Sistema Central Español. *Revista Española de Paleontología*, N° extraordinario, 288–298.

- Schmuck, G., San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Libertà, G., Petroliagkis, T., ... Schulte, E. (2015). *Forest fires in Europe, Middle East and North Africa 2014. Scientific and Technical Research series - JRC Technical Reports*. Publications Office of the European Union.
- Seijo, F., Millington, J. D. A., Gray, R., Sanz, V., Lozano, J., García-Serrano, F., ... Julio Camarero, J. (2015). Forgetting fire: Traditional fire knowledge in two chestnut forest ecosystems of the Iberian Peninsula and its implications for European fire management policy. *Land Use Policy*, 47, 130–144. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.03.006>
- Silva, J. S., Rego, F. C., Fernandes, P. M., & Rigolot, E. (2010). *Towards Integrated Fire Management - Outcomes of the European Project Fire Paradox*. Finland: European Forest Institute.
- Tedim, F., Xanthopoulos, G., & Leone, V. (2014). Forest fires in Europe: Facts and challenges. In D. Paton (Ed.), *Wildfire Hazards, Risks, and Disasters* (pp. 77–99). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410434-1.00005-1>
- Torres, I., Pérez, B., Quesada, J., Viedma, O., & Moreno, J. M. (2016). Forest shifts induced by fire and management legacies in a *Pinus pinaster* woodland. *Forest Ecology and Management*, 361, 309–317. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.11.027>
- Vadell, E., de-Miguel, S., & Pemán, J. (2016). Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: A historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics. *Land Use Policy*, 55, 37–48. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.017>
- van Den Brink, L. M., & Janssen, C. R. (1985). The effect of human activities during cultural phases on the development of montane vegetation in the Serra de Estrela, Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 44, 193–215. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(85\)90016-8](https://doi.org/10.1016/0034-6667(85)90016-8)
- van der Knaap, W. O., & van Leeuwen, J. F. N. (1995). Holocene vegetation succession and degradation as responses to climatic change and human activity in the Serra de Estrela, Portugal. *Review of Paleobotany and Palynology*, 89, 153–211. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(95\)00048-0](https://doi.org/10.1016/0034-6667(95)00048-0)
- van der Knaap, W. O., & van Leeuwen, J. F. N. (1997). Late Glacial and early Holocene vegetation succession, altitudinal vegetation zonation, and climatic change in the Serra da Estrela, Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 97(3–4), 239–285. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(97\)00008-0](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(97)00008-0)
- Vélez Muñoz, R. (2009). *La defensa contra incendios forestales - Fundamentos y experiencias*. McGraw-Hill.
- Viedma, O., Moity, N., & Moreno, J. M. (2015). Changes in landscape fire-hazard during the second half of the 20th century: Agriculture abandonment and the changing role of driving factors. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 207, 126–140. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.04.011>
- Vieira, G., Jansen, J., & Ferreira, N. (2005). Environmental setting of the Serra da Estrela, Portugal: a short-note. In T. P. Correia, R. G. H. Bunce, & D. C. Howard (Eds.), *Landscape ecology and management of Atlantic mountains* (IALE Publi, Vol. 102, pp. 1–12). UK: IALE.
- Vilar, L., Camia, A., San-Miguel-Ayanz, J., & Martín, M. P. (2016). Modeling temporal changes in human-caused wildfires in Mediterranean Europe based on land use-land cover interfaces. *Forest Ecology and Management*, 378, 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.020>

LANDSCAPE-BASED FIRE SCENARIOS AND FIRE TYPES IN THE AYLLÓN MASSIF (CENTRAL MOUNTAIN RANGE, SPAIN), 19TH AND 20TH CENTURIES

C.R. SEQUEIRA^{1*}, C. MONTIEL-MOLINA¹, F.C. REGO²

¹Department of Geography. Faculty of Geography and History. Complutense University of Madrid, Spain.

²Centro de Ecología Aplicada Prof. Baeta Neves. School of Agriculture. University of Lisbon, Portugal.

ABSTRACT. Wildfires have been a major landscape disturbance factor throughout history in inland mountain areas of Spain. This paper aims to understand the interaction of fire regimes and landscape dynamics during the last two centuries within a socio-spatial context. The study area selected for this historical and spatial analysis is the Ayllón massif, in the Central Mountain Range. The theoretical background used to identify the driving forces of fire regime changes over the 19th and 20th centuries in this mountain area includes landscape-based fire scenarios and fire-type concepts. Both concepts have been addressed in recent studies from a spatial planning and fire management approach in an attempt to understand current fire landscapes and wildfire risk. However, this is the first time that these concepts have been applied to show that both spatial and temporal scales are crucial for an understanding of the current wildfire panorama, and that fire history related to landscape dynamics is fundamental in socio-spatial differences in fire regimes.

Four variables (fire history, land use, population and settlement system, and forest management) were assessed to define historical landscape-based fire scenarios, and three fire feature variables (fire extent, fire cause, and spatial distribution pattern) were considered to define historical fire-types. We found that the non-linear evolution of fire regimes during the 19th and 20th centuries was determined by fire-type changes according to landscape dynamics. Moreover, population and forest management have been the main driving forces of fire regime tipping points or pyrotransitions. This study validates the hypothesis that fire regime changes are the result of the interaction of fire history and landscape dynamics.

Escenarios territoriales del fuego e incendios-tipo en el macizo de Ayllón (Sistema Central, España), siglos XIX y XX

RESUMEN. Los incendios forestales han sido históricamente uno de los principales factores de transformación del paisaje en las regiones montañosas del interior de España. El objetivo de este artículo es explicar la interacción que se ha establecido a lo largo de los últimos dos siglos entre el régimen de incendios y las dinámicas del paisaje, en su contexto territorial. El área de estudio seleccionada para llevar a cabo este estudio ha sido el Macizo de Ayllón, en el Sistema Central. Los escenarios territoriales del fuego y los incendios-tipo son los dos conceptos básicos del marco teórico empleado para identificar las fuerzas motrices de los cambios del régimen de incendios acontecidos durante los siglos XIX y XX en esta región montañosa. Ambos conceptos han sido recientemente manejados en la investigación sobre ordenación del territorio y gestión del fuego para explicar los paisajes y el riesgo de incendios. Sin embargo, es la primera vez que se aplican para demostrar la influencia de las escalas espacial y temporal en la definición del problema de los incendios forestales y para poner de manifiesto que la dialéctica histórica fuego-paisaje es fundamental para comprender las diferencias socio-espaciales del régimen de incendios en la actualidad. La valoración histórica de los escenarios territoriales del fuego se

ha apoyado en el análisis de cuatro variables (historia del fuego, uso del suelo, población y sistema de poblamiento, y gestión forestal), y para la identificación de los incendios-tipo históricos se han manejado tres de sus principales características (superficie quemada, causa del siniestro y distribución espacial de los incendios). El resultado obtenido ha mostrado una evolución discontinua del régimen de incendios a lo largo de los siglos XIX y XX, como consecuencia de los cambios acontecidos en los incendios-tipo en relación con las dinámicas del paisaje. Además, la población y la gestión forestal han sido las principales fuerzas motrices de los puntos de ruptura en el régimen de incendios, denominados pirotransiciones. En definitiva, esta investigación ha permitido validar la hipótesis de trabajo que atribuye los cambios del régimen de incendios a la interacción de la historia del fuego y las dinámicas del paisaje.

Key words: fire regime, historical wildfires, land use, Spain, pyrogeography.

Palabras clave: régimen de incendios, incendios históricos, uso del suelo, España, pirogeografía.

Received: 30 October 2018

Accepted: 24 January 2019

*Corresponding author: Catarina Romão Sequeira, Forest Geography, Policy and Socioeconomics Research Group, Department of Geography, Complutense University of Madrid, 28040 Madrid, Spain. E-mail address: anacatte@ucm.es

1. Introduction

Humans and fire have evolved with each other, and in their regular interaction fire has become a risk factor for human society (Pyne, 1997; Scott, 2018). Mediterranean-type climate landscapes are highly fire-prone (Keeley *et al.*, 2012; Pausas *et al.*, 2008). Especially from the 1980s onwards, fire risk has become a complex and challenging topic for policy-makers, land managers and operational systems (European Commission, 2017; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2017; Turco *et al.*, 2016). New planning and prevention approaches have been introduced into the research agenda, aimed at predicting fire behavior, thus providing basic information for its control and management (Cissel *et al.*, 1999; Coughlan *et al.*, 2012, 2013; Duane *et al.*, 2015; O'Connor *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2010). These new fire management approaches include concepts such as fire-type and landscape-based fire scenarios (Black *et al.*, 2005; Castellnou *et al.*, 2010, 2009; Costa *et al.*, 2011; LaCroix *et al.*, 2006; Murphy *et al.*, 2013; Pérez *et al.*, 1998), formulated in pyrogeography, which attempts to examine the human-fire relationship from an holistic perspective (Bowman, 2015; Keeley *et al.*, 2011; Roos *et al.*, 2014).

The fire-type concept refers to fire spread patterns depending on the fuel load, landscape structures and synoptic weather conditions (Acebrón, 2017; Costa *et al.*, 2011). On the other hand, landscape-based fire scenarios refer to the contextual factors of a fire regime, i.e. the environmental, socioeconomic and policy drivers of wildfire ignition and propagation on different spatial and temporal scales. In fact, fire scenarios are multiscale land-type planning units for a fire regime with different applications at national, regional, and local scales. Previous studies have addressed landscape-based fire scenarios in Spain at a national scale (Montiel-Molina *et al.*, 2016) and a regional scale (Costa *et al.*, 2011). Nevertheless, the local scale has not attracted the attention of many researchers, despite proof of its importance when examining the relationship between fire regime and landscape dynamics (Beilin *et al.*, 2015; Wilbanks *et al.*, 1999). Moreover, the vast majority of recent studies have focused on a recent time scale context (since 1968, when fire data statistics started), regardless of the fact that fire and landscape history are relevant to the current fire risk (Smith *et al.*, 2016) and that a longer perspective is needed to characterize fire regime changes. Even though no specific data on fire behavior is available before the statistical period (which makes it difficult to apply the fire-type method), fires recorded pre-1968 do share two common features: extent and fire cause (Montiel-Molina, 2013), applicable to the definition of the historical fire-type concept.

The concepts of both landscape-based fire scenario and of fire-type therefore provide a theoretical basis to explain the dynamic character of the fire regime, through spatial and temporal dimensions (Keeley *et al.*, 2012). Fire regime changes can be either linear or progressive, or non-linear based on tipping points, i.e. pyrotransitions, which in Mediterranean landscapes are closely related to anthropic aspects (Tedim *et al.*, 2014). In general, fire regimes are linked to the environmental, socioeconomic and political contextual systems, which differ from place to place. When there is a balance between the contextual systems, the fire regime is expected to display linear progress. However, when there is an imbalance between these influencing systems, or a change in one of them, the fire regime changes abruptly, triggering a pyrotransition (Bowman *et al.*, 2011). In this context, the concepts of fire scenario and fire-type enable the identification of pyrotransitions and an understanding of the fire regime dynamics (Krebs *et al.*, 2010). The reconstruction of fire regimes, at a local scale and from a historical perspective, should consider some key components such as fire history, and others related to an understanding of the driving forces of fire behavior, such as land use, population and settlement system, and forest management. Recent studies have approached Spanish fire history before statistical data was available, from century time scales and based on geo-historical sources analysis (Araque, 1999; Lloret *et al.*, 2001; Montiel-Molina, 2013), to millennial time scales through palynological and paleoecological methods (Abel-Schaad *et al.*, 2013; Franco-Múgica *et al.*, 2001; Gil García, 1992; Ruiz Zapata *et al.*, 1996; Vera *et al.*, 1984). Other studies confirm the connection between land use changes, fire behavior and landscape structure (Viedma *et al.*, 2006). However, because long historical land use data series are unavailable, most studies of land use changes are restricted to the second half of the 20th century (Gallardo *et al.*, 2016; Martínez-Vega *et al.*, 2017; Viedma *et al.*, 2015).

This paper connects landscape-based fire scenario (LFS) and fire-type (FT) concepts from a long-term perspective (19th and 20th centuries) at a local scale in the Ayllón massif, well-known for its particular historical dynamics related to fire (Montiel-Molina, 2013). We believe that the fire regime in Ayllón Massif is non-linear, with three pyrotransitions: (1) at the end of the 19th century; (2) in the 1970s; and (3) in the mid-1980s, facilitated by a breakdown in the balance of contextual factors. This led us to formulate our hypothesis, which proposes that the fire regime changed according to the fire scenarios, fire history and fire types, and that tracing the history of these key values will allow us to describe the fire regimes that existed in each phase between pyrotransitions. This paper attempts to answer the question of what driving forces were responsible for fire regime pyrotransitions throughout the 19th and 20th centuries in the Ayllón Massif.

2. Material and Methods

2.1. Study area

This case study was carried out in the Ayllón Massif, which covers 1,400 km² in the eastern part of the Central Mountain Range natural region in the Iberian Peninsula, between the provinces of Guadalajara, Segovia and Madrid (Castel, 1873; Mata Olmo *et al.*, 2004). Slopes are steep, and altitudes range from 700 to 2,272 m a.s.l. The climate is predominantly sub-Mediterranean with mean annual temperature around 8°C and mean annual precipitation from 800 mm to over 1,500 mm (FAO Climate data). The vegetation is very diverse, given its significant climatic variety. The most important species are *Pinus sylvestris*, *Quercus pyrenaica*, *Quercus coccifera*, *Fagus sylvatica*, and *Nardus stricta* (high mountain pastures) (Mecha-López, 2004). Two headwaters (Jarama and Sorbe) in the Tagus River water catchment area are located in the Guadalajara area of the massif, where the predominant lithology is metamorphic (black slate and gneiss), sedimentary (clay slate), and igneous (granite) (Blázquez-Díaz, 1987). The Ayllón massif is a protected National Park (Natura 2000 Network, “Sierra Norte de Guadalajara” Natural Park, since 2011), Special Protection Area for birds, and Special Conservation Area. Most of this forest area is publicly owned and is regulated and protected as Forest for Public Use. These forest areas were common land until the end of the 19th century.

Two case study areas were selected and delimited using micro-watershed units within the Ayllón massif: (1) Sorbe and (2) Jarama (Fig.1). Both case studies consist of four micro-watersheds and cover a total area ranging from 8000 to 10,000 ha. The Jarama case study area is in the heart of the

massif and covers the municipal districts of Campillo de Ranas and El Cardoso de la Sierra. The Sorbe area covers three municipal districts on the eastern side of the massif (Cantalojas, Galve de Sorbe and La Huerce) plus two districts in the heart of the massif (Majaelrayo, and Valverde de los Arroyos). All these municipal areas were considered as the spatial reference for data collection, processing and analysis.

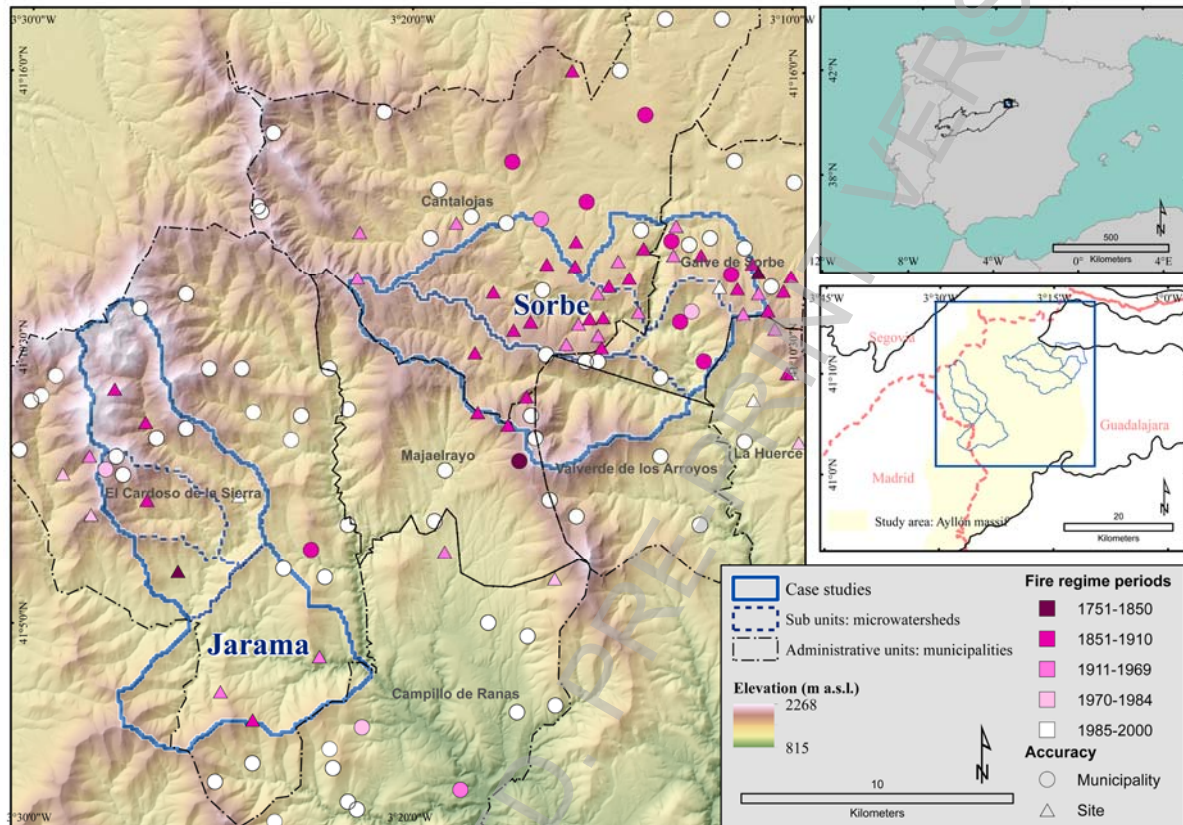


Figure 1. Study area, case studies and spatio-temporal distribution of fire occurrence.

The study area is characterized by marked human influence through natural resource management of timber, charcoal and firewood supplies, and because of the extensive afforestation campaigns in the 19th and 20th centuries (Fernández-Muñoz, 2002; Lopéz-Gómez, 1974). Logging, grazing and hunting were historically the main activities in this forest area, with the origin of some settlements related to hunting practices (e.g. El Cardoso de la Sierra) or to livestock (with constructions known as *tainas* in e.g. Valverde de los Arroyos and Majaelrayo). Nowadays, the cultural landscape of the Ayllón is severely depopulated or with an aging population, where tourism has become the main economic resource for the isolated villages (Agnoletti *et al.*, 2015).

2.2. Data: sources and variables

The characterization of landscape-based fire scenarios is based here on four main spatial components: (i) land use; (ii) population and settlement systems; (iii) forest management; (iv) fire history. These spatial components are analyzed in a historical and dynamic approach, according to the availability of sources and our focus on the processes (Table 1).

Table 1. Sources and data used for each variable.

Variables	Sources	Data				
		Name	Dates	Format	Scale	Retrieved from
Land use	Geohistorical and cartographic	Planimetric map collection	1895-1897	Raster	1:25,000	Instituto Geográfico Nacional
		Ortophoto	1956-1957	Raster	1:32,000	Map Services of the Gobierno Regional de Castilla-La Mancha
	Geospatial	Corine Land Cover Map 2000	1999-2001	Vector	1:100,000	Copernicus Land Monitoring Service
Population and settlement systems	Statistical	Population Census	1864-2001	Average interval 10 years	Municipal	Instituto Nacional de Estadística
		<i>Nomenclator</i> Municipal Registry	1858-2000	Average interval 10 years	Municipal	Instituto Nacional de Estadística
	Statistical	Agriculture Census	1999		Municipal	Instituto Nacional de Estadística
Forest management	Historical Documentary	Minutes of Municipal council meetings, Auctions papers and others	1750-1990	Paper	Municipal	Municipal Archives
Fire history	Based on historical documentary sources	Fire history Database (FHD)	Pre-1980s	Access	Central Mountain System	Forest, Geography, Policy and Socioeconomics Research Group, Complutense University
	Statistical	Statistical Fire Database (EGIF)	From 1968	Access	Spain	Spanish Ministry of Agriculture

- (i) Land use changes were considered in order to understand the fuel structure from the late 19th century to the year 2000. The main sources and data used for this assessment were geohistorical cartographic sources (Planimetric map collection 1895-1897, in raster format, scale 1:25,000, available from the Instituto Geográfico Nacional (IGN); Ortophoto 1956-1957, in raster format, scale 1:32,000, provided by the Map Services of the Gobierno Regional de Castilla-La Mancha) and geospatial data sources (Corine Land Cover Map 2000, 1999-2001, in vector format, scale 1:100,000 with minimum cartographic unit 25 ha, available from Copernicus Land Monitoring Service).
- (ii) Population and settlement systems were assessed to describe the human influence on the landscape. This was done through the following statistical data sources: Population Census 1864-2001, average interval 10 years, at municipal level for all 7 municipal districts covered by the case studies (available from Instituto Nacional de Estadística (INE)); and *Nomenclator* Municipal Registry 1858-2000, average interval 10 years, at municipal level for all 7 municipal districts (also available from INE).
- (iii) The forest management component was considered to evaluate the socioeconomic value of land management and the influence of rural activities on fuel control in the case study area, using official statistical data (Agriculture Census 1999 at municipal level) and municipal historical documentary data sources.
- (iv) The fire history was evaluated using the same resources as those used for analyzing historical fire types, based on three fire variables (fire extent, fire cause, and spatial distribution pattern, including the Fire History Database (FHD) and statistical fire database (*Estadística General de Incendios Forestales*, EGIF). Both are Access databases sharing

data to define each fire event (date, geo-location accuracy, extent, cause, etc.), but each one refers to a different period and is based on different information sources. The FHD, created by the Forest Geography, Policy and Socioeconomics Research Group in the Complutense University of Madrid, refers to the pre-1980s and is based on documentary sources (administrative documents, judicial and police sources and the press) obtained from different types of archives (historical archives, forest services and municipal archives and historical libraries). We gathered 101 historical fire records from 1768 to 1982 in the Ayllón massif study area, including 15 records for the Jarama and 46 records for the Sorbe area. All these historical fire records were geo-referenced with different levels of accuracy (from municipal boundaries to specific sites or plots) depending on the precision of the historical source. The EGIF is the official fire dataset provided by the Spanish Ministry of Agriculture since 1968 with increasing data accuracy over time (Vélez Muñoz, 2009). We used this statistical information to update the FHD until 1982, and then considered the EGIF for a second analytical period from 1983 to 2000, which includes 323 fire records (67 records for the Jarama and 56 records for the Sorbe case study).

2.3. Methods and techniques

Spatial and historical methods were used to integrate and analyze very diverse data series. Territorial and fire dynamics were investigated in a systemic approach, using ArcGIS for Desktop 10.3 to process the data (including photo interpretation), and qualitative analysis and basic statistical analysis techniques (Microsoft Excel 2013) for data integration. These methods were applied to process selected components to define fire scenarios (land use, population and settlement system, and forest management) and the variables considered to define fire types (fire extent, fire cause, and fire distribution pattern).

We used two spatial analysis scales: a landscape or intermediate scale (1:25,000) for the whole Ayllón massif study area (Smith *et al.*, 2016); and a local scale (1:10,000) to approach the Jarama and Sorbe case studies (Beilin *et al.*, 2015). For the temporal scale, we used a long-term analysis (19th and 20th centuries) to identify the tipping-points of fire regime change and the related driving factors.

3. Results and Discussion

3.1. Fire history and fire-types

Reconstructing fire history from geo-historical documentary sources shows that fire has been an ever-present feature since at least the late 18th century in the Ayllón massif, and particularly in the Jarama and Sorbe watersheds. 101 fire records from 1768 to 1982 were obtained for this mountain area, often related to rural activities where fire was a common land management tool (Table 2). This was why there are so many pre-1880 fire records, of small forest fires reflected in the printed press, judicial and police sources because of their social and economic impact. This human impact at a local scale explains why some wildfires are recorded in several documentary sources despite the relatively small area burned.

Table 2. Number of fire records for each period and fire database

	FHD (1768-1982)	EGIF (1983-2000)
Ayllón massif	101	323
Jarama case study	15	67
Sorbe case study	46	56

*FHD: Fire History Database; EGIF: Statistical Fire Database

The first large wildfire was recorded on August 15, 1891 in the public forests in Riaza (Segovia) with three simultaneous ignitions, burning 119 ha. Other large wildfires were recorded in 1954, 1970, 1978 and 1983. Since 1991 – when three large wildfires were recorded – this type of fire situation, the increasing number of ignitions and the variability of fire behavior have defined the present fire regime of uncertainty in the Ayllón massif.

According to the fire history of this massif, three shifts or *pyrotransitions* have been identified in the fire regime dynamics in the 19th and 20th centuries (Fig. 2). These fire regime shifts occurred especially (i) in the late 19th century/early 20th century, with increased fire occurrence; (ii) in the 1970s, when a few fires caused a large burnt area; (iii) in the 1980s, when fire occurrence increased again, leading to a new uncertainty scenario. In short, from the late 19th century until the year 2000, there was a shift in the Ayllón from a situation where fire was used as a management tool in everyday rural activities to one where the fire risk is unexpected and uncontrolled.

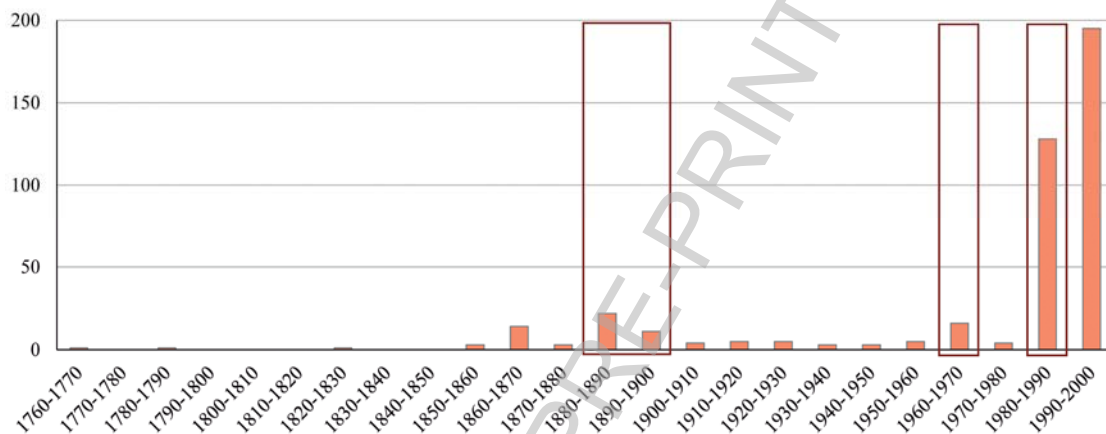


Figure 2. Number of fires recorded in the Ayllón massif and tipping-points (or *pyrotransitions*) of the fire regime dynamics (rectangles).

The drivers leading to the present fire regime have historical roots at the local level. In fact, significant differences were found between the two local case studies. The Jarama area was historically less affected by wildfires than the Sorbe watershed, although the opposite was true during the statistical period (see Table 2 and Fig. 3a). Nevertheless, the evolution of the burnt area has been different in both areas and is greater in Sorbe than in Jarama since 1984 (Fig. 3b).

Table 3. Population and settlement system dynamics.

Case study	Population density of the settlement system (Inhab/km ²)			
	Jarama		Sorbe	
	1900	2000	1900	2000
Small villages	2,37	0,34	6,84	1,54
Scattered populated areas	0,08	0,09	0,01	0,01

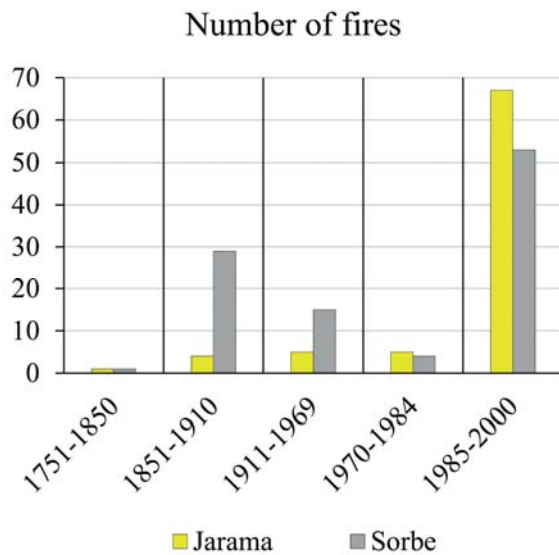


Figure 3a. Occurrence of fires in Jarama and Sorbe.

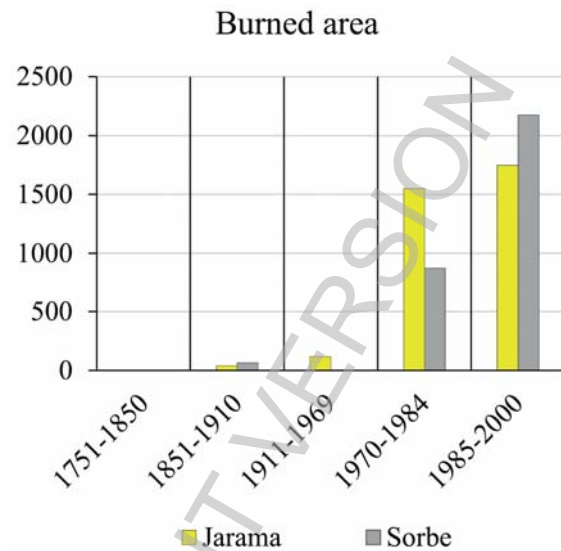


Figure 3b. Extent of fires in Jarama and Sorbe.

Historical fire types were analyzed during the five periods identified according to the three pyrotransitions mentioned above and the tipping-point recognized by the mid-19th century resulting from the socioeconomic effects of Forest Administration regulations in the context of Liberalism. Thus, fire types have been characterized in each period according to their main features, i.e. fire size, fire cause, and spatial distribution pattern. Fire size is classified as follows: (i) *very small fire*, < 1 ha; (ii) *small fire*, 1-15 ha; (iii) *medium size fire*, 15-100 ha; (iv) *large fire*, 100-500 ha; (v) *very large fire*, > 500 ha. These numerical thresholds were established from a thorough analysis of historical events, considering that a small historical fire usually represents an accident, i.e. loss of control in the use of fire, and is extinguished by efficient community-based suppression systems. In contrast, what are usually called large historical fires in the documentary sources are normally larger than 100 ha and demonstrate the inefficiency of local suppression systems.

On a local scale, the first very large wildfire (>500 ha) is recorded in the 1970s in the Jarama watershed, and ten years later in Sorbe (Fig. 4). In both cases, the ignition trends and burnt areas, and the occurrence of very large wildfires, suggest that the last pyrotransition is marked by a large wildfire episode resulting from the destabilization of the entire socio-spatial system. This destabilization occurred later – although with more abrupt effects – in the Sorbe watershed as a result of landscape dynamics related to the fire use practices maintained until the second pyrotransition in the 1970s. However, very large wildfires remain exceptional events in the Ayllón massif due to the rural character of the landscape and the socio-economic dynamics. Currently, small and very small fires are the main sizes observed in this mountain area.

For the direct causes of fire, four major ignition groups have been identified in the Ayllón massif: (i) *burning for pasture renewal/agriculture/forest activities*, (ii) *intentional/arson*, (iii) *natural/lightning*, and (iv) *negligence/accidental/other*. It was found that for this variable, the two case studies were historically fairly similar (Fig. 5). Despite the limitations of the historical documentary sources, the available data show that burning for pasture renewal/agriculture/forest activities and negligence/accidental/other were the two main causal factors of fire in the Ayllón massif until 1984. Since then, intentional/arson fires are the most prevalent, particularly in the Jarama watershed, due to the breakdown of the traditional land management system and the introduction of new lifestyles which increased fires from arson in the late 20th century. Also notable is the high proportion of fires from natural causes here at the eastern end of the Central Mountain Range (Vélez Muñoz, 2009).

For the spatial location pattern, historical fires were geo-referenced according to the information recorded at two levels of accuracy: (a) municipality, and (b) plot/site. The municipal level includes historical fire records where documentary sources do not provide information about the precise ignition site, and pre-2000 statistical records without geographic coordinates. Plot/site refers to historical fire records with spatial information about the fire ignition and the statistical records since

2000 with geographic coordinates. Despite these constraints, the space-time analysis of the location of historical fires at local level obtains a concentrated pattern of fire records over time in Sorbe, meaning a fire resilient landscape (San-Miguel-Ayán *et al.*, 2017) in comparison with the relatively random pattern and fire deficit in Jarama (Fig. 1).

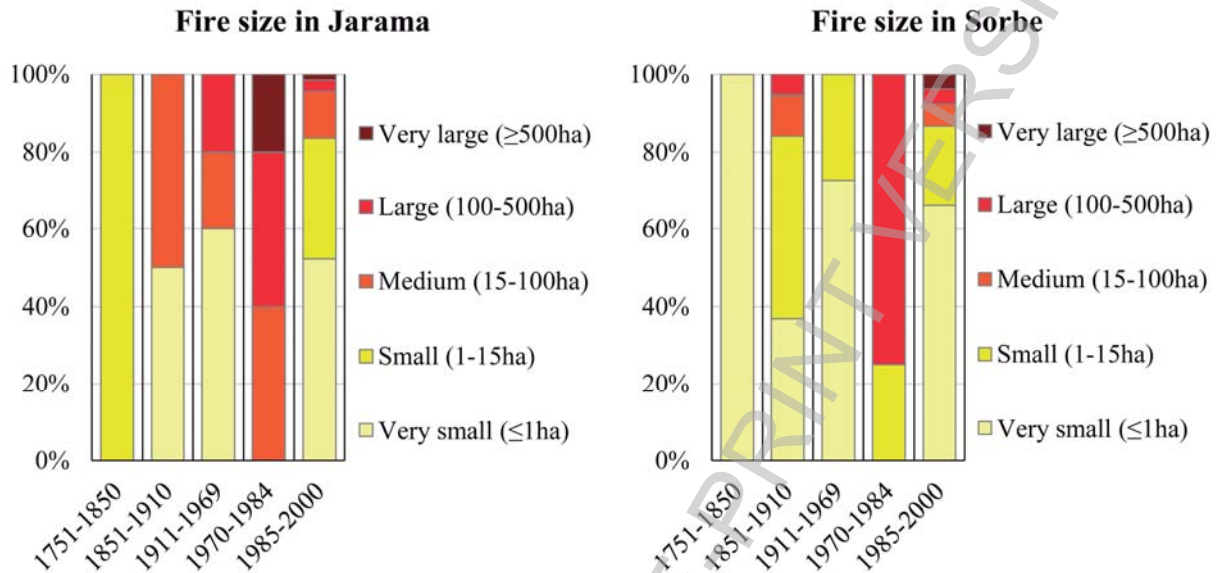


Figure 4. Fire size in Jarama and Sorbe.

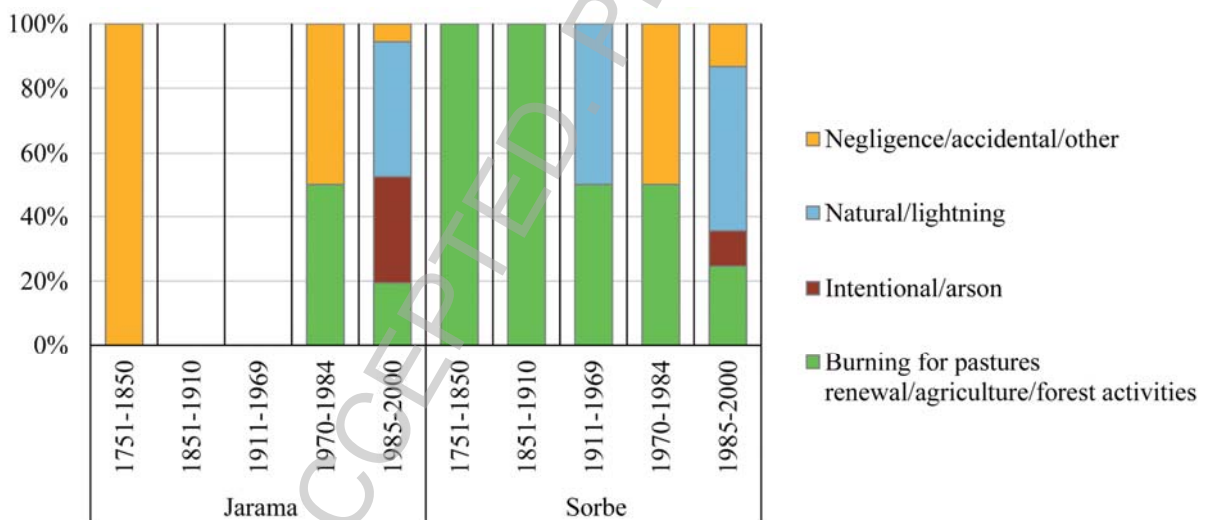


Figure 5. Fire causes in Jarama and Sorbe.

3.2. Population dynamics and settlement system

The cultural landscape of the Ayllón massif is linked to the demographic dynamics, population lifestyle and rural practices. This mountain area located in the Spanish central region of Castilla benefitted only barely from the legislative progress in civil affairs during the period of the Second Republic, which just brought about a slower rate of population decline since the first census (1877) in contrast with the general positive trend in the country as a whole (Fig. 6). The social and cultural stagnation lasted until the 1960s during the Franco dictatorship (Ussel, 1990). Then, the economic development and cultural changes in Spain linked to the industrialization process and urban growth led to the rural exodus and abandoning of agrarian activities in mountain areas in the interior (Jerez *et al.*, 2004). This is particularly evident in Sorbe and Jarama, where the decline in population and rural

activities continued until the recovery in the 1980s in Jarama and in the 1990s in Sorbe, due to official local development policies co-funded by the European Union (Montiel-Molina, 2003).

As a result of this long secular decline in the Ayllón massif (from 20,539 inhabitants in 1877 to 15,154 in 2001), the population density in 2001 was lower than four inhabitants per km², which is considered by FAO as a severe under-population problem. In fact, the Ayllón massif is one of the mountain areas in central Spain included in the European high-risk fire scenarios of disadvantaged rural areas (Montiel *et al.*, 2010).

The settlement system presents the traditional structure of depopulated rural areas, with very low population density, even in the existing small villages (fewer in Sorbe than in Jarama) with population of less than 160 inhabitants. The population of these villages decreased significantly during the 20th century, although the population density of the sparsely populated areas had slightly increased in both Sorbe and Jarama (Table 3). Agricultural and pasture land normally surround each village, while infrastructures, public services and other facilities are minimal because of the low population density, accentuating the features of this disadvantaged rural mountain area.

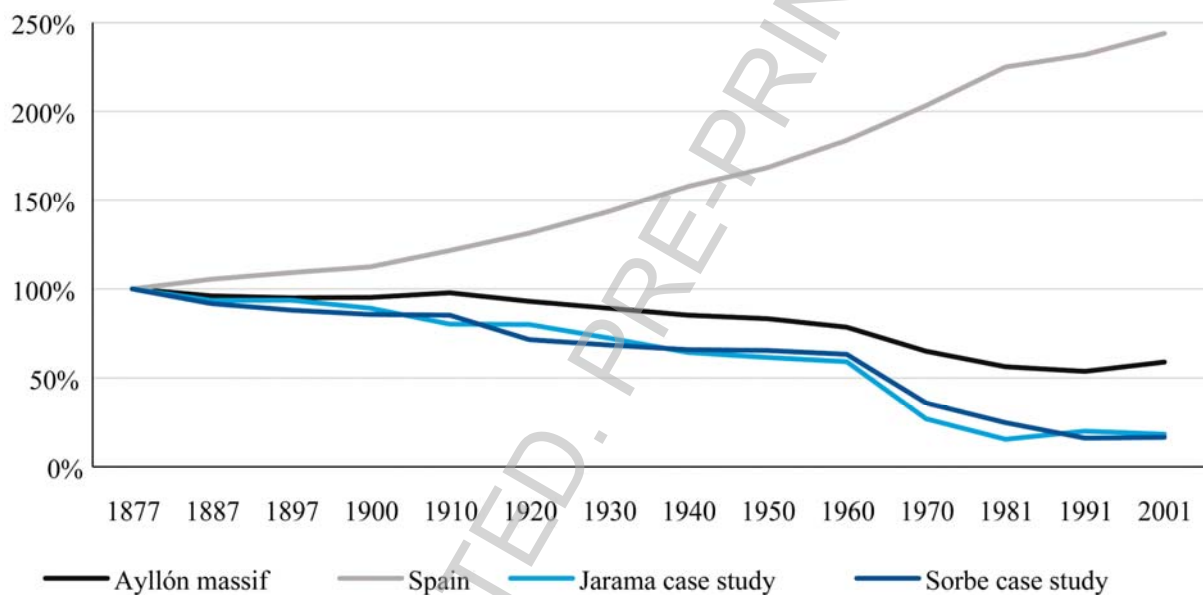


Figure 6. Relative demographic evolution of Spain, Ayllón massif, Jarama and Sorbe case studies.

3.3. Land use changes

The present forested landscape characterizing both Sorbe and Jarama is the result of similar land-use dynamics throughout the 20th century, re-shaping the very different cultural landscape in each watershed at the end of the 19th century. Although shrublands were the predominant land-use in both areas 1895-1897, Jarama had a significant agricultural area, mainly in the central and southern sectors, while Sorbe was entirely woodland. However, by 1999-2001 both Sorbe and Jarama had a very similar forested landscape, with approx. 58% forest, 5% pasture and the remaining area shrubland (Fig. 7).

Forest land use had increased considerably in the Ayllon Massif by the end of the 20th century. However, the dynamics of the land use change were completely different in the first and in the second half of the century. In the first fifty years a growing trend to forest regression and general maintaining of other land uses can be observed in both Jarama and Sorbe, while the most striking trend since the 1950s is the general forest progression. With these contrasting dynamics, the formerly diverse landscape structures have become increasingly uniform and unstable, particularly in Jarama (Fig. 8).

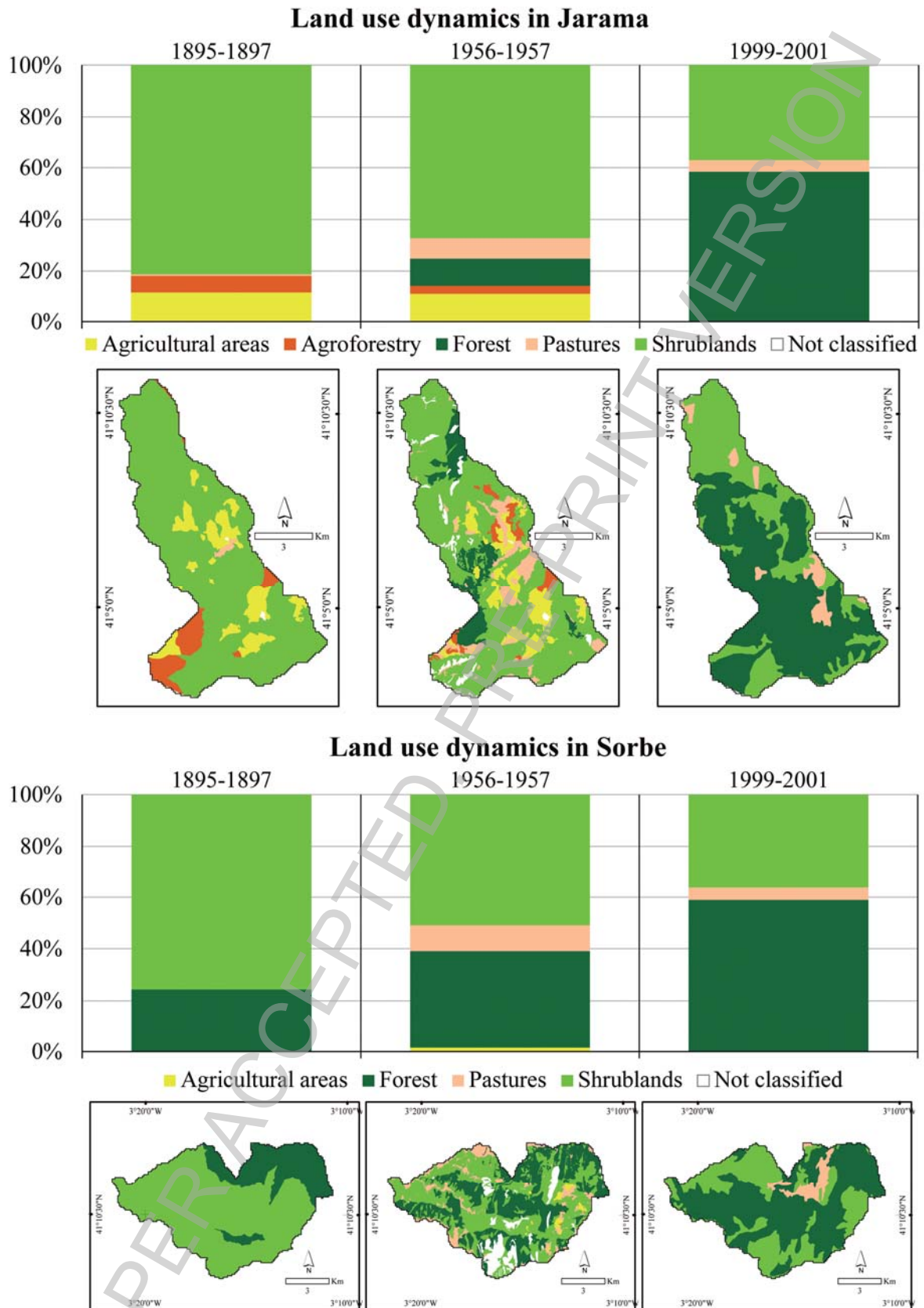


Figure 7. Land use dynamics in Sorbe through the 19th and 20th centuries (1895-1897, 1956-1957 and 1999-2001) in Jarama and in Sorbe case studies.

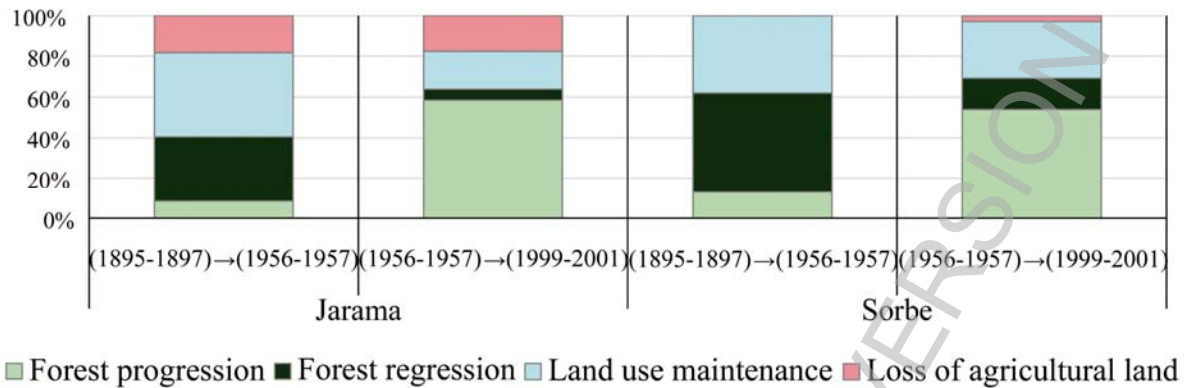


Figure 8. Land use changes in Sorbe and in Jarama in (1895-1897) – (1956-1957) and (1956-1957) – (1999-2001).

The main factors influencing these contrasting dynamics of land use change and the related landscape uniformity and instability are the official policies of expropriation (19th century) and reforestation (20th century) (Fernández-Muñoz, 2002; Fernández-Muñoz *et al.*, 2000). The Common Agricultural Policy (CAP) Reform measures have also contributed to recent forest progression through afforestation programs (Vadell *et al.*, 2016). In addition, the abandonment of rural mountain areas in inland Spain in the 1960s resulted in the loss of traditional land management practices and the generally uncontrolled progression of woodland (Stellmes *et al.*, 2013; Tolón Becerra *et al.*, 2007).

3.4. Forest resources management and regulation

Historically, forest management played a major role in the socioeconomic organization of rural areas in the Ayllón massif. The large number of local regulations and related permits, and reports on illegal activities, are a good indicator of the critical value of forest resources for the subsistence economy in both Jarama and Sorbe. Timber and firewood extraction were the main forest products in both areas, while communal grazing was also a widespread forest management practice, mainly with transhumance from Extremadura and Andalucía (Blanco, 1993; Comíns *et al.*, 2011) (Fig. 9).

Grazing was a widespread forest management practice in the rural areas of the Central Mountain Range, and livestock density remained relatively stable in the Ayllón massif until the mid-20th century (López-Gómez, 1974). However, certain variations can be seen at the local scale. In Sorbe, livestock density increased during the period 1911-1970, mainly due to an open-range livestock grazing trend in the 1930s and 40s for meat production. Then, in the 1970s, the traditionally predominant sheep and goats almost disappeared, in contrast with a sustained or even increased trend to cattle rearing in Jarama (Fig. 10).

Reports on illegal forest uses mostly relate to grazing activities since 1911 and refer to conflicts between local inhabitants because of a shortage of pastureland. The subsequent period (1970-1984) highlights that conflictive situation further, largely due to the implementation of EU afforestation programs. We suggest that grazing activities in the Ayllón massif retained their social non-economic value, but because they were not organized on a consensual basis, they generated regulatory problems and illegal grazing activities. The last period (1985-1990) evidences some degree of chaos, since the number of reports on illegal forest uses other than logging and grazing increased sharply. On the other hand, most illegal logging conflicts seem to have been solved in the Ayllón massif in this last period analyzed (Fig. 9).

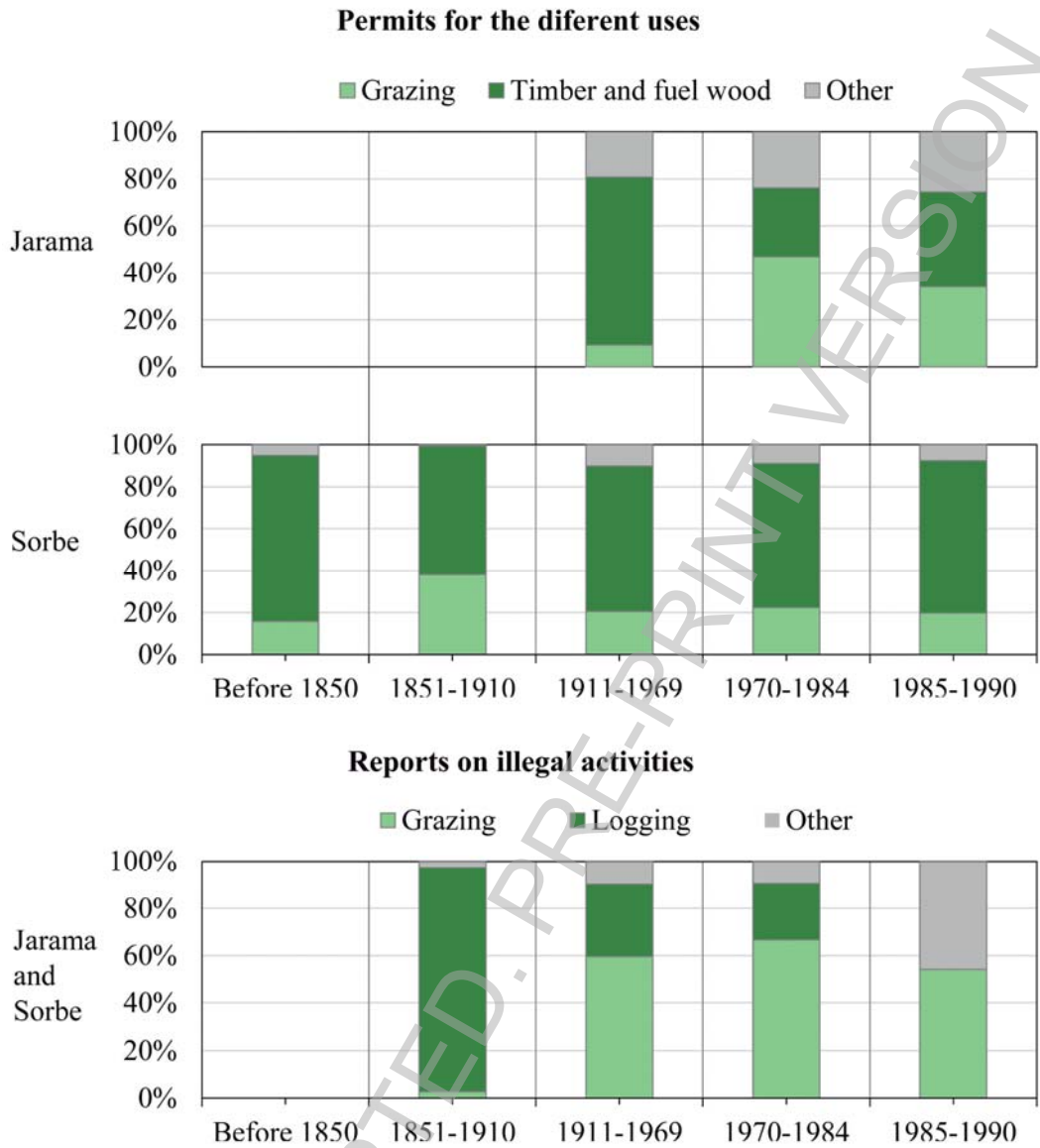


Figure 9. Social indicators of forest resources management until 1990.

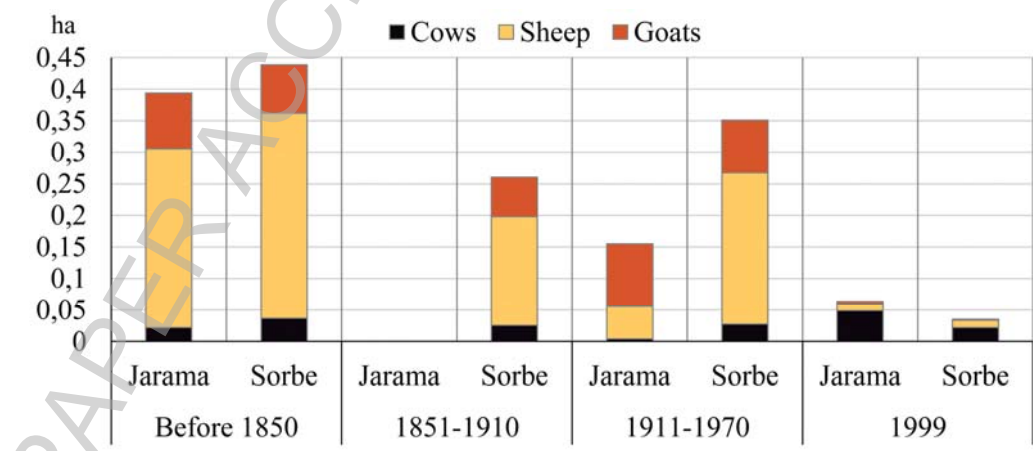


Figure 10. Average livestock density (number of livestock per hectare) in Sorbe and Jarama.

Other contextual factors of local conflicts related to forest resource management are the consequences of the expropriation process in the 19th century. The subsequent municipal management system and legal protection of forest for public use led to many different systems of community-based management regulations in Sorbe and Jarama (Montejano, 1988), originating an increasing number of reports of illegal uses of the forest (Fig. 9). In fact, the province of Guadalajara is one of the areas which best represents the expropriation process in the latter half of the 16th century, leading at that time to the start of the demographic decline, livestock recession, deforestation, and the socio-spatial reorganization of agricultural areas. Nevertheless, these privatization processes of forestland were not significant in the Sorbe and Jarama rural areas (Gómez-Mendoza, 1967). On the contrary, new land management regulations introduced by the Forest Administration in the second half of the 19th century, and hydrological and forestry policies in the 20th century, disrupted the land ownership structure and socio-spatial systems in the area.

Following the mid-20th century transition of rural society, the forest resource management system was not adapted to the new socioeconomic situation (Paniagua *et al.*, 2001). The trend to an aging population and decreasing active population continued, despite the new opportunities emerging from local development policies (Delgado Viñas, 2015; Pascual, 2006). Furthermore, this mountain area lost its importance as the main supplier of forest products to Madrid and further isolated itself by accentuating traditional economic rural activities and forest uses, mainly in Sorbe (Hernando *et al.*, 2016).

3.5. Shaping the landscape-based fire scenarios

Both the fire regime and territorial dynamics have changed throughout the history of the Ayllón massif, which explains the presence of different fire risk situations and territorial fire scenarios. As multiscale land-type planning units, the current landscape-based fire scenarios at the national scale are the *massifs and forestry ranges of the Central Mountain Range* and *mountain massifs and ranges, southwestern peneplains*, characterized by scarcely-populated, predominantly forested areas with high/medium propagation capacity and low agricultural presence (Montiel-Molina *et al.*, 2016). At the regional scale, the Sorbe and Jarama watersheds are both within the forestland use scenarios of first and second wildfire generations. The first wildfire generation scenarios refer to long perimeters and high propagation velocity fire behavior due to the continuity of the forest mass as a result of agricultural abandonment. The second wildfire generation scenarios imply complex, high intensity wildfires with high propagation velocity because of increased fuel load from the abandoning over time of farmland and traditional forest management (Costa *et al.*, 2011; Montiel-Molina *et al.*, 2018).

The Ayllón massif is a mountainous area in the interior of the Iberian Peninsula characterized by its isolation from the main road networks, reduced croplands and scarce population dependent on small-scale domestic agriculture and livestock activities, mainly open-range beef cattle rearing (Allende *et al.*, 2014; Paniagua *et al.*, 2001). However, fire risk is more dependent on socio-ecological conditions at the local scale, than on the socio-spatial character at the regional scale. Our data shows that the Jarama watershed comprises the most underpopulated municipality of the Ayllón massif and it is characterized historically by a lower occurrence of wildfires. On the other hand, the Sorbe area is less suitable for agriculture, with more forest resources and a higher impact of historical wildfires.

The four variables selected to define the historical landscape-based fire scenarios – fire history, land use, population and settlement system, and forest management – can be qualitatively ranked in order of importance for the shaping of current fire scenarios. The two most influential variables are land use and forest resources management and regulation. The other two variables – population and settlement, and fire history – play a secondary supporting role, enhancing the dynamics generated by the two leading variables. We argue that no single fire scenario can be defined for each local case study since there is insufficient data available on historical fire behavior, but instead the dynamics of each variable can be reconstructed to analyze their interactions (Table 4).

Table 4. Fire scenarios variables.

Variables and case studies		End of the 19 th century	> 70s 20 th century	> 80s 20 th century	2000
Fire history	Pyrotransitions				
	Jarama and Sorbe		Increase on the number of fires	Increase on burned area	Increase on the nr of fires Uncertainty
Land use	Jarama and Sorbe		Forest regression		Forest progression
Population and settlement	Jarama		Decrease on population	80s: Increase on population	Decrease on population
	Sorbe		Decrease on population		90s: Increase on population
Forest management	Jarama		Livestock amount decrease and changes on composition		
			Main forest resource exploitation: Timber and fuel wood Social conflict situation for forest resources		Illegal logging conflict solved
	Sorbe	Livestock amount decrease	40s: Livestock amount increase	Livestock amount decrease	
Fire types	Size		Jarama case study: Occurs first very large fire	Sorbe case study: Occurs first very large fire	
	Cause		Main fire cause: Burning for pastures		Main fire cause: various
	Distribution pattern		Jarama case study: Random		Sorbe case study: Concentrated

In short, we have identified three different spatial-temporal fire scenarios in the Ayllón massif since the late 19th century:

1. The socio-ecological context in the period between the two pyrotransitions identified (from the end of the 19th century to the 1970s), characterized by overall forest regression dynamics, decreasing population and livestock density, and increasing fire occurrence. This was a still a relatively stable fire scenario, because despite the increasing number of fires and conflicts related to the grazing practices in communal areas, the main causes of wildfires were still connected with traditional rural activities in Sorbe and in Jarama.
2. The contextual factors of wildfires from the second to the third pyrotransition (1980s) linked to major land use change that led to widespread forest progression and a significant increase in the burnt area. In this fire scenario, the agricultural character of the Jarama area was lost, the equilibrium of the socio-ecological system was disrupted, and the first very large fire was recorded. Forest and shrublands spread while the management of forest resources was abandoned. In addition, changes in population structure seem to have altered the socio-ecological system, especially in Jarama where depopulation was even more pronounced. Moreover, the processes of agricultural industrialization, rural exodus, land abandonment, change in traditional rural practices, and energy transition from the use of biomass to fossil fuels, caused landscape homogenization, generally favoring wildfire occurrence in the last decades of the 20th century.
3. From the third pyrotransition onwards, the occurrence of fire events increased sharply in a context of growing uncertainty. The causes of fires changed as a result of the shifting social system, and the socio-ecological equilibrium of Sorbe was lost, ten years later than Jarama. Local conflicts related to grazing activities and lack of governance mechanisms for conflict resolution led to a scenario of very high fire risk, depending on extreme meteorological situations in the Ayllón massif (Pausas *et al.*, 2012; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2017).

5. Conclusions

The interactions between landscape dynamics and fire regime do not display linear progressions in time or space in the Ayllón massif. The rural fire culture, prevalent for centuries, meant that fire was commonly used as a land management tool in this rural context (i.e. frequent but controlled use of fire for the maintenance of pastureland). At historical moments of socio-ecological crisis and system instability (e.g. the establishment of the forest administration in the 19th century or the rural abandonment in the 20th century), the frequency of fire occurrence and the burnt area increased. In the Ayllón massif, the influence of the socio-ecological system on the fire regime was evidenced through the pyrotransitions identified in the late 19th century, in the 1970s, and in the mid-1980s.

Reconstruction of the fire history and analysis of key socio-spatial variables of landscape dynamics in the 19th and 20th centuries have enabled us to describe the space-time context of wildfires at a local scale and to demonstrate the influence of historical landscape dynamics as the driving forces of the present fire scenarios in Sorbe and Jarama.

The main driving forces shifting fire regimes and shaping fire scenarios in the Ayllón massif during the 19th and 20th centuries were forest resource management and land use changes. These same drivers and processes took place in all Mediterranean countries to different degrees (Millington *et al.*, 2007), and were significantly shaped by human societies throughout history, closely related to fire use practices, particularly for agriculture and grazing purposes (Keeley *et al.*, 2012; Mazzoleni *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2010). This means that in all Mediterranean countries the same set of socio-spatial variables considered in our study are drivers of landscape change, and the spatial differences of fire types are mainly related to contrasting timelines and to specific local conditions (Beilin *et al.*, 2015). Thus, the strong connection between past socio-ecological dynamics and current landscape structures is a convincing argument in favor of the major role of history in our understanding of current scenarios and fire regimes (Smith *et al.*, 2016).

Acknowledgements

This study is part of the PhD Thesis developed by C. Sequeira under the supervision of C. Montiel and F. Rego. This PhD has been funded by the Spanish Science Ministry (BES-2014-068696) and is being conducted within the Spanish National Research Project FIRESCAPE (CSO2013-44144-P) in the Research Group of Forest Geography, Policy and Socioeconomics at the Complutense University of Madrid.

References

- Abel-Schaad, D., López-Sáez, J.A. 2013. Vegetation changes in relation to fire history and human activities at the Peña Negra mire (Bejar Range, Iberian Central Mountain System, Spain) during the past 4,000 years. *Vegetation History and Archaeobotany* 22 (3), 199-214. <https://doi.org/10.1007/s00334-012-0368-9>.
- Acebrón, M.L.G. 2017. Tipificación de los incendios forestales en la provincia de Guadalajara (Castilla-La Mancha). *Foresta – Asociación y Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales* 67, 32-39.
- Agnoletti, M., Santoro, A. 2015. Cultural values and sustainable forest management: the case of Europe. *Journal of Forest Research* 20 (5), 438-444. <https://doi.org/10.1007/s10310-015-0500-7>.
- Allende, F., López, N. 2014. Las Sierras del norte de Guadalajara: de los comunes de villa y tierra al paisaje de las repoblaciones forestales. In: F. Molinero Hernando (Coord.). *Atlas de los paisajes agrarios de España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, pp. 879-884.
- Araque, E. (Coord.). 1999. *Incendios históricos. Una aproximación multi-disciplinar*. Universidad Internacional de Andalucía, Baeza. 422 pp.
- Beilin, R., Reid, K. 2015. It's not a 'thing' but a 'place': reconceptualising 'assets' in the context of fire risk landscapes. *International Journal of Wildland Fire* 24 (1), 130-137. <https://doi.org/10.1071/WF14935>.

- Black, A.E., Opperman, T. 2005. *Fire Effects Planning Framework: user's Guide*. General Technical Report GTR-RMRS-163WWW. USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 63 pp.
- Blanco, D.R. 1993. Ganados y señores en la Extremadura medieval. In: S.R. Becerra (Ed.). *Simposio Trashumancia y Cultura Pastoril en Extremadura*. Asamblea de Extremadura, Mérida, 376 pp.
- Blazquez-Díaz, A. 1987. Estudio geomorfológico del valle de Majaerayo (Sierra de Ayllón, Guadalajara). *Eria. Revista de Geografía* 12, 43-60.
- Bowman, D.M.J.S. 2015. What is the relevance of pyrogeography to the anthropocene? *Anthropocene Review*, 2 (1), 73-76. <https://doi.org/10.1177/2053019614547742>.
- Bowman, D.M.J.S., Balch, J., Artaxo, P., Bond, W.J., Cochrane, M.A., D'Antonio, C. M., Swetnam, T.W. 2011. The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of Biogeography* 38 (12), 2223-2236. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02595.x>.
- Castel, C. 1873. Noticias físico-naturales de la sección NO de la Provincia de Guadalajara. *Revista Forestal T. VII*, 216-225 and 254-257.
- Castellnou, M., Larrañaga, A., Miralles, M., Vilalta, O., Molina, D. 2010. Wildfire scenarios: Learning from experience. In: J.S. Silva, F. Rego, P. Fernandes, E. Rigolot (Eds.). *Towards Integrated Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox*. European Forest Institute, Finland, 228 pp.
- Castellnou, M., Miralles, M., Molina, D. 2009. Patrones de propagación de incendios forestales y su uso para la planificación. In: R. Vélez Muñoz (Ed.). *Incendios Forestales: Fundamentos y Aplicaciones*. McGraw-Hill, pp. 274-282.
- Cissel, J.H., Swanson, F.J., Weisberg, P.J. 1999. Landscape management using historical fire regimes: Blue River, Oregon. *Ecological Applications* 9 (4), 1217-1231.
- Comíns, J.S., Moreno, D.R. 2011. *Atlas de los paisajes de la provincia de Guadalajara*. Servicio de publicaciones Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.
- Costa, P., Castellnou, M., Larrañaga, A., Miralles, M., Kraus, D. 2011. *Prevention of Large Wildfires using the fire types concept*. UT GRAF-Generalitat de Catalunya, Barcelona, 87 pp.
- Coughlan, M. R., Petty, A. M. 2012. Linking humans and fire: A proposal for a transdisciplinary fire ecology. *International Journal of Wildland Fire* 21(5), 477-487. <https://doi.org/10.1071/WF11048>.
- Coughlan, M.R., Petty, A.M. 2013. Fire as a dimension of historical ecology: A response to Bowman *et al.* (2011). *Journal of Biogeography* 40 (5), 1010-1012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2012.02767.x>
- Delgado Viñas, C. 2015. Agrarian dynamics and landscape in rural mountain areas of Spain. *Journal of Settlements and Spatial Planning* 4, 145-154.
- Duane, A., Piqué, M., Castellnou, M., Duane, A. 2015. Predictive modelling of fire occurrences from different fire spread patterns in Mediterranean landscapes. *International Journal of Wildland Fire* 24 (3), 407-418. <https://doi.org/10.1071/WF14040>
- European Commission. 2017. *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2016 – Scientific and Technical Research Series. JRC Technical Reports*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/17690>.
- Fernández-Muñoz, S. 2002. Consecuencias socioeconómicas y territoriales de las repoblaciones forestales en el Alto Sorbe (Guadalajara). *Eria* 58, 183-203.
- Fernández-Muñoz, S., Mata Olmo, R. 2000. Pasado y presente de las repoblaciones forestales en montes de sociedades de vecinos. *Estudios Geográficos* 240, 461-486.
- Gallardo, M., Gómez, I., Vilar, L., Martínez-Vega, J., Martín, M. P. 2016. Impacts of future land use/land cover on wildfire occurrence in the Madrid region (Spain). *Regional Environmental Change* 16 (4), 1047-1061. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0819-9>.
- Gil García, M.J. 1992. *Dinámica de la paleovegetación en el sector oriental del Sistema Central Español durante el Holoceno, en base al análisis polínico. Implicaciones climáticas*. PhD Thesis, Universidad de Alcalá.
- Gómez-Mendoza, J. 1967. La venta de baldíos y comunales en el siglo XVI. Estudio de su proceso en Guadalajara. *Estudios Geográficos* 109, 499-559.
- Hernández Vera, T., Ruiz Zapata, B. 1984. Datos preliminares de los análisis polínicos de las tollas ubicadas en Galve de Sorbe (Guadalajara). *Anales de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española* 1, 71-76.

- Hernando, J., Madrazo, G. 2016. Firewood and charcoal consumption in Madrid during eighteenth century and its effects on forest landscapes. In: E. Vaz, C. Joanaz de Melo, L.M. Costa Pinto (Eds.). *Environmental history in the making*. Environmental History, 6. Springer International Publishing, pp. 321-340. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41085-2_18.
- Jerez, D.P., Fernández-Such, F., Martín, B O., Llanes, Ó.M. 2004. *Las zonas rurales en España: Un diagnóstico desde la perspectiva de las desigualdades territoriales y los cambios sociales y económicos*. Caritas Española, Madrid.
- Keeley, J.E. 2011. Fire in Mediterranean ecosystems. *Israel Journal of Ecology & Evolution* 58, 123-135. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139033091>.
- Keeley, J.E., Bond, W.J., Bradstock, R.A., Pausas, J.G., Rundel, P.W. 2012. *Fire in the Mediterranean Ecosystems – Ecology, Evolution and Management*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Krebs, P., Pezzatti, G.B., Mazzoleni, S., Talbot, L.M., Conedera, M. 2010. Fire regime: history and definition of a key concept in disturbance ecology. *Theory in Biosciences* 129 (1), 53-69. <https://doi.org/10.1007/s12064-010-0082-z>.
- LaCroix, J.J., Ryu, S.R., Zheng, D., Chen, J. 2006. Simulating fire spread with landscape management scenarios. *Forest Science* 52 (5), 522-529.
- Lloret, F., Marí, G. 2001. A comparison of the medieval and the current fire regimes in managed pine forests of Catalonia (NE Spain). *Forest Ecology and Management* 141 (3), 155-163. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00323-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00323-6).
- López-Gómez, A. 1974. Colectivismo y sistemas agrarios de la Serranía de Atienza (Guadalajara). *Estudios Geográficos* 35, 137-519.
- Martínez-Vega, J., Díaz, A., Nava, J.M., Gallardo, M., Echavarría, P. 2017. Assessing land use-cover changes and modelling change scenarios in two mountain Spanish national parks. *Environments* 4 (4), 79. <https://doi.org/10.3390/environments4040079>.
- Mata Olmo, R., Sanz Herráiz, C.S. (Eds.) 2004. *Atlas de los Paisajes de España*. Centro de Publicaciones Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Mazzoleni, S., di Pasquale, G., Mulligan, M., di Martino, P., Rego, F. 2004. *Recent dynamics of the Mediterranean Vegetation and Landscape*. Wiley.
- Mecha-López, P. 2004. *Modelización territorial aplicada a la gestión Forestal en la vertiente sur de la Sierra de Ayllón*. PhD Thesis. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes., Universidad Politécnica de Madrid.
- Millington, J.D.A., Perry, G.L.W., Romero-Calcerrada, R. 2007. Regression techniques for examining land use/cover change: A case study of a Mediterranean landscape. *Ecosystems* 10 (4), 562-578. <https://doi.org/10.1007/s10021-007-90204>.
- Montejano, N.G. 1988. Apuntes en torno a la organización comunitaria de la Comarca de Ayllón (Segovia). *Anales del Museo del Pueblo Español*. Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales, Segovia, pp. 171-178.
- Montiel-Molina, C. 2003. Tradición, renovación e innovación en los usos y aprovechamientos en las áreas rurales de montañas. *Cuadernos Geográficos* 33, 7-26.
- Montiel-Molina, C. 2013. *Presencia histórica del fuego en el territorio*. Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), Madrid.
- Montiel-Molina, C., Galiana-Martín, L. 2016. Fire scenarios in Spain: a territorial approach to proactive fire management in the context of global change. *Forests* 7 (273), 1-17. <https://doi.org/10.3390/f7110273>.
- Montiel-Molina, C., Karlsson-Martín, O., Galiana-Martín, L. 2018. Regional fire scenarios in Spain: Linking landscape dynamics and fire regime for wildfire risk management (in revision). *Journal of Environmental Management* 233, 427-439. <https://doi.org/10.3390/f7110273>.
- Montiel, C., Herrero, G. 2010. Overview of policies and practices related to fire ignitions. In: J. Sande Silva, F. Rego, P. Fernandes, E. Rigolot (Eds.), *Towards Integrated Fire Management– Outcomes of the European Project Fire Paradox*. European Forest Institute, Joensuu, pp. 35-46.
- Murphy, B.P., Bradstock, R.A., Boer, M.M., Carter, J., Cary, G.J., Cochrane, M.A., Bowman, D.M.J.S. 2013. Fire regimes of Australia: A pyrogeographic model system. *Journal of Biogeography* 40 (6), 1048-1058. <https://doi.org/10.1111/jbi.12065>.

- O'Connor, C.D., Garfin, G.M., Falk, D.A., Swetnam, T.W. 2011. Human Pyrogeography: A New Synergy of Fire, Climate and People is Reshaping Ecosystems across the Globe. *Geography Compass* 5 (6), 329-350. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2011.00428.x>.
- Ollero, H.S., Juaristi, C.M., Maldonado Ruiz, J., García Antón, M., Múgica, F. 2001. Evolución de la vegetación en el sector septentrional del macizo de Ayllón (Sistema Central). Análisis polínico de la turbera de Pelagallinas. *Anales Del Jardín Botánico de Madrid* 59 (1), 113-124.
- Hoggart, K., Paniagua, A. 2001. The restructuring of rural Spain? *Journal of Rural Studies* 17(1), 63-80. [https://doi.org/10.1016/S0743-0167\(00\)00037-1](https://doi.org/10.1016/S0743-0167(00)00037-1).
- Pascual, F. G. 2006. Políticas públicas y sustentabilidad en las zonas desfavorecidas y de montaña en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 41, 151-182.
- Pausas, J. G., Paula, S. (2012). Fuel shapes the fire-climate relationship: evidence from Mediterranean ecosystems. *Global Ecology and Biogeography* 21 (11), 1074-1082. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2012.00769.x>.
- Pausas, J.G., Llovet, J., Anselm, R., Vallejo, R. 2008. Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? – A review. *International Journal of Wildland Fire* 17 (6), 713-723. <http://doi.org/10.1071/WF07151>
- Pérez, B., Moreno, J.M. 1998. Fire-type and forestry management effects on the early postfire vegetation dynamics of a Pinus pinaster woodland. *Plant Ecology* 134 (1), 27-41. <https://doi.org/10.1023/A:1009733818670>.
- Pyne, S.J. 1997. *World Fire – The Culture of Fire on Earth*. University of Washington Press, Washington.
- Roos, C.I., Bowman, D.M.J.S., Balch, J.K., Artaxo, P., Bond, W.J., Cochrane, M.A., Swetnam, T.W. 2014. Pyrogeography, historical ecology, and the human dimensions of fire regimes. *Journal of Biogeography* 41, 833-836. <https://doi.org/10.1111/jbi.12285>.
- Ruiz Zapata, B., Andrade Olalla, A., Gil García, M.J., Dorado Valiño, M., Atienza Ballano, M. 1996. Evolución de la vegetación en los últimos 6000 años en los sectores central y oriental del Sistema Central Español. *Revista Española de Paleontología* N° Extraordinario, 288-298.
- San-Miguel-Ayanz, J., Chuvieco, E., Handmer, J., Moffat, A., Montiel, C., Sandahi, L., Viegas, D. 2017. Climatological risk: wildfires. In: K. Poljansek, M. Martin Ferrer, T. De Groeve, I. Clark (Eds.), *Science for disaster risk management 2017: knowing better and losing less*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, pp. 294-305. <https://doi.org/10.2788/688605>.
- Scott, A. 2018. *Burning Planet – The story of fire through Time*. Oxford University Press.
- Silva, J.S., Rego, F.C., Fernandes, P.M., Rigolot, E. 2010. *Towards Integrated Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox*. European Forest Institute.
- Smith, A.M.S., Kolden, C.A., Paveglio, T.B., Cochrane, M.A., Bowman, D.M.J.S., Moritz, M.A., Abatzoglou, J.T. 2016. The Science of firescapes: Achieving fire-resilient communities. *BioScience* 66 (2), 130-146. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv182>.
- Stellmes, M., Röder, A., Udelhoven, T., Hill, J. 2013. Mapping syndromes of land change in Spain with remote sensing time series, demographic and climatic data. *Land Use Policy*, 30 (1), 685-702. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.05.007>.
- Tedim, F., Xanthopoulos, G., Leone, V. 2014. Forest Fires in Europe: Facts and Challenges. In: D. Paton (Ed.), *Wildfire hazards, risks, and disasters*. Elsevier, Amsterdam, pp. 77-99. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410434-1.00005-1>.
- Tolón Becerra, A., Lastra Bravo, X.B. 2007. Evolución del desarrollo rural en Europa y en España: las áreas rurales de metodología LEADER. *M+A, Revista Electrónica de Medioambiente* 4, 35-62.
- Turco, M., Bedia, J., Di Liberto, F., Fiorucci, P., Von Hardenberg, J., Koutsias, N., Provenzale, A. 2016. Decreasing fires in Mediterranean Europe. *PLoS ONE* 11 (3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150663>.
- Vadell, E., de-Miguel, S., Pemán, J. 2016. Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: A historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics. *Land Use Policy* 55, 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.017>.
- Vélez Muñoz, R. 2009. *La defensa contra incendios forestales – Fundamentos y experiencias*. McGraw-Hill.
- Viedma, O., Moity, N., Moreno, J.M. 2015. Changes in landscape fire-hazard during the second half of the 20th

century: Agriculture abandonment and the changing role of driving factors. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 207, 126-140. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.04.011>.

Viedma, O., Moreno, J. M., Rieiro, I. 2006. Interactions between land use/land cover change, forest fires and landscape structure in Sierra de Gredos (Central Spain). *Environmental Conservation* 33, 212-222. <https://doi.org/10.1017/s0376892906003122>.

Wilbanks, T.J., Kates, R.W. 1999. Global change in local places: How scale matters. *Climatic Change* 43 (3), 601-628. <https://doi.org/10.1023/A:1005418924748>.

PAPER ACCEPTED. PRE-PRINT VERSION