

OS INCENDIOS FORESTAIS DO CAMBIO GLOBAL XA ESTÁN AQUÍ. UN DESAFÍO E UNHA OCASIÓN PARA LOGRAR UNHA RESPOSTA SOCIAL CONSENSUADA

José A. Vega¹

Stéfano Arellano-Pérez²

Cristina Fernández¹

Teresa Fontúrbel¹

Ana Daría Ruiz²

DOI: 10.17075/unxl.2021.002

¹ Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia

² Unidade de Xestión Ambiental e Forestal Sostible (UXAFORES), Departamento de Enxeñaría Agroforestal, Escola Politécnica Superior de Enxeñaría, Universidade de Santiago de Compostela

Este estudo foi financiado polo Instituto Nacional de Investigación e Tecnoloxía Agraria e Alimentaria (INIA), mediante os proxectos RTA2014-00011-C06-02 e RTA2017-00042-C05-02, cofinanciados por FEDER (Comisión Europea). Tamén se recoñece o financiamento do Plan de Mellora e Innovación Forestal (2010-2020) da Xunta de Galicia e o de INDITEX. Os autores agradecen o traballo de Elena Pérez coa elaboración de bases de datos.

O lume no ámbito dos países mediterráneos é un feito cultural e ecolóxico inevitable, pero unha catástrofe evitable (FAO 2008). Aínda en condicións meteorolóxicas extremas, os desastres de incendios forestais non son inevitables

(Calkin, Cohen, Finney e Thompson 2014; Cohen 2008; Tedim e Leone 2017).

Os humanos alteraron o papel que o lume desempeñou historicamente, ao proporcionar equilibrio ecolóxico. Necesitamos repensar a nosa visión do lume e aceptar a súa presenza, cambiando a forma de xestionar as terras e de planificar as nosas comunidades
(Pyne 2020).

O lume e o uso da terra son parte dun sistema conxunto
(Butsic et al. 2015).

É especialmente crítico aprender a xestionar os incendios forestais dun xeito que reduza os riscos aos núcleos de poboación e ao mesmo tempo permita a sustentabilidade dos recursos importante para a estabilidade da biota nativa

(Pausas e Keeley 2009).

INTRODUCCIÓN

O incendio forestal en Galicia pode considerarse un exemplo dun proceso capaz de xerar o que na literatura de xestión de riscos se vén cualificando como «risco sistémico» (Klinke e Renn 2002, Renn 2008), caracterizado por mostrar unha

alta complexidade, incerteza e ambigüidade, así como polo seu potencial para producir importantes efectos sociais, económicos e ambientais. A isto habería que engadir outros trazos distintivos, tales que a súa persistencia no tempo e a aptitude para desencadear pola súa vez outros riscos, o chamado «efecto fervenza». As consecuencias hidrolóxico-erosivas dos incendios en Galicia, que frecuentemente se converten en ameazas de posibles novos danos a persoas, bens e recursos (Vega *et al.* 2013a), ilustran ben esa capacidade do incendio de provocar riscos engadidos.

Con todo, o lume é moito máis que unha fonte de risco; é un fenómeno físico e ecolóxico e tamén social e cultural (Pyne 2000 e 2007, Myers 2006, Bowman *et al.* 2011, Belcher 2013, Scott 2018, Scott *et al.* 2014, Roos *et al.* 2016, McLaughlan 2020). En Galicia, o lume, con todas as súas variantes (queima, estivada etc.), foi usado inveteradamente no ámbito rural, vencellado á agricultura e ao pastoreo (Kaal *et al.* 2008, Bouhier 1979, Díaz-Fierros 2018), o mesmo que nos países do sur de Europa e outras moitas partes do mundo (Vélez 1986, 1991 e 2005, Seijo e Gray 2012). O lume cumpre ademais un papel ecolóxico moi importante (Pausas *et al.* 2019a) que a nosa sociedade urbana, en xeral, non acaba de comprender ben, igual que tampouco acepta facilmente as consecuencias que dese feito se derivan (Tedim *et al.* 2015 e 2020). Como Bowman *et al.* (2011) sinalan, esa ambigua relación de moitas culturas co lume, a escala da paisaxe, tradúcese en tensións políticas entre grupos que contan con modelos de xestión do lume que compiten entre si. Sen dúbida, en Galicia sábese diso. Tamén pode ser que os traballos científicos axudasen a esa visión só negativa do lume, ao estaren máis centrados en salientar os seus efectos negativos que en ofrecer unha perspectiva máis holística e equilibrada. Todo iso contribuíu a favorecer a estendida percepción catastrofista do lume, fomentada, así mesmo, pola maioría dos medios. De feito, o recoñecemento do carácter dual do lume, capaz de xerar tanto beneficios como danos (Milne *et al.* 2014, Pausas e Keeley 2019a e 2019b, Ingalsbee 2017, He *et al.* 2019, DePietri e Orenstein 2019, Sil *et al.* 2019a), é un punto clave da mudanza de mentalidade necesaria (Tedim *et al.* 2019) para adaptarse ao cambio dos réximes do lume por mor do cambio global. Ese cambio está a producir dramáticas consecuencias nunha sociedade non suficientemente preparada (Nature geoscience 2019, Bowman *et al.* 2017 e 2020).

Do mesmo xeito que outros territorios europeos, Galicia está inmersa nun proceso de cambio global. Aos desafíos producidos por un acelerado curso de mudanzas socioeconómicas, particularmente no eido rural (Calvo-Iglesias *et al.* 2009, Vélez 2009, López Iglesias 2018, Corbelle e Crecente, 2014, Regos *et al.* 2014), hai que engadir os efectos do cambio climático. Os dous tipos de cambio ocorren ao mesmo tempo e afectan ao problema dos incendios forestais. A sociedade galega ten aínda presente o impacto producido por dramáticos episodios de incendios recentes, como a vaga do lume de outubro de 2017, que deixaron unha notable percepción colectiva de vulnerabilidade fronte a eses eventos e unha profunda preocupación pola posibilidade de que se repitan. Os catastróficos incendios de Portugal, en xuño e outubro de 2017, aumentan tal apreciación. En calquera caso, esa visión do lume non parece promover na sociedade o recoñecemento de que ela mesma contribuíu ao risco. Aínda que este non é o lugar para tratar *in extenso* as causas do problema dos incendios en Galicia, temos que recoñecer que ten raíces profundamente sociolóxicas. Isto é común con outros moitos territorios onde os lumes son causados en máis dun 95 % polos humanos. En realidade, a sociedade desenvolveu pautas de comportamento traducidas en continuos incrementos da cantidade e continuidade do combustible acumulado e, ao mesmo tempo, non resolveu problemas clave relativos á ordenación do espazo rural, conflitos de uso da terra entre os actores rurais e tensións derivadas de visións contrapostas do monte na poboación urbana e rural, entre outras. Tamén coaduxeron políticas de reforestación extensa durante anos, sen os necesarios labores silvícolas, plantacións desordenadas de especies forestais sen coidados culturais, por parte de moitos propietarios, abandono de áreas agrícolas e forestais, invadidas logo de matogueira e arboredo ventureiro (Azevedo *et al.* 2011, Moreira *et al.* 2011, Fernandes *et al.* 2016b, Sil *et al.* 2019b). A chamada *transición forestal* (Mather, 1992, Mather e Needle 1998, Rudel *et al.* 2005 e 2010) percorreu en Galicia e moitos países europeos o camiño inverso á *agrarización* dos séculos pasados, ofrecendo novas producións, beneficios e servizos ecosistémicos ao tempo que creando tamén tensións sociais, desaxustes, disfuncionalidades e redución dalgúns deses servizos (Guijarro *et al.* 2018, Varela *et al.* 2020). A iso hai que engadir as prohibicións e restricións de uso do lume durante anos (Guitián Rivera 1999) e a primacía da extinción como as dúas principais ferramentas da xestión dos lumes (Fernandes 2008). Con todo, estas

dúas últimas respostas resultan parcialmente comprensibles, nun contexto caracterizado polo excesivo número e recorrencia de lumes, ás veces usados como ferramenta de confrontación política e social (Rico Boquete 1994, 2000 e 2018, Balboa-López 1999, Seijo 2005, 2009 e 2012) e prolongadas no tempo, sen que unha parte da sociedade (maioritariamente urbana) demostrase verdadeiro interese por resolver o problema. Así mesmo, a construción de edificacións xunto a espazos forestais, o desenvolvemento dun urbanismo difuso e unha falta de ordenación dos usos do territorio contribuíron notablemente, entre outros factores, a ese resultado. Hoxe sinálase que a extinción dos incendios custe o que custe tamén puido contribuír a agravar o problema. Ese esforzo de extinción de todos os lumes –debido, en gran parte, á súa demonización e á consecuente presión mediática social e política (Delgado Arango 2018, Pérez-Pereiro *et al.* 2018, Conde Vázquez 2019) sobre os xestores técnicos do lume– é un mal endémico en case todos os países e comporta a inevitable absorción de recursos que poderían destinarse á prevención e outras actividades forestais (Fernandes 2008, Thompson *et al.* 2015 e 2018). Con esa actuación estase tamén indirectamente contribuíndo á acumulación de combustible e podemos facer os incendios cada vez máis extensos e perigosos, e xerar o ben coñecido paradoxo da extinción (Collins *et al.* 2013, Calkin *et al.* 2014 e 2015, North *et al.* 2015, Moreira *et al.* 2019) ou caer na «trampa da extinción» (Collins *et al.* 2013, Castellnou *et al.* 2020, Xanthopoulos *et al.* 2020). Con todo, en territorios como Galicia, cun persistente elevado número de ignicións e un alto risco para numerosos núcleos de poboación, o control do lume resulta especialmente necesario e, por tanto, ese equilibrio supón un difícil reto.

É ben sabido que Galicia xunto co norte-centro de Portugal constitúen os territorios da UE que presentan maior ocorrencia e extensión de incendios forestais (Biro 2009, San-Miguel-Ayanz *et al.* 2013 e 2018), que xeran nesas rexións problemas de gran dimensión social, económica e ambiental. Son territorios *propensos ao lume* (*fire-prone landscapes*). Ao mesmo tempo, as proxeccións do cambio climático para os países mediterráneos (incluída Galicia) en xeral auguran un aumento desa ocorrencia e extensión (Moriondo *et al.* 2006, Moreno *et al.* 2010, Amatulli *et al.* 2013, Bedía *et al.* 2014, Turco *et al.* 2017 e 2018, Sousa *et al.* 2015).

A situación actual parece, por tanto, unha boa oportunidade para reflexionar sobre o problema ao que nos enfrontamos e ponderar ata que punto o clima esperado nos próximos anos pode contribuír a facela máis comprometida.

Hai, con todo, un risco que pode amortecer a resposta da sociedade. A frecuencia de incendios en Galicia e o recordo do seu uso tradicional –nun marco social, económico e de uso do territorio que xa non existe– poden transmitirnos a enganosa idea de que todo segue igual. Pode facernos perder sensibilidade para detectarmos o novo escenario no que a sociedade galega se vai mover e favorecer que, finalmente, non reaccione. Por iso convén ter o presente o reto ao que temos que facer fronte. O cambio global é tamén unha oportunidade para o cambio da resposta social no eido do lume forestal.

Nas liñas que seguen preséntanse resultados de estudos que poden orientarnos respecto á forma en que se espera que o cambio climático afecte o risco de incendio, como consecuencia da modificación do comportamento do lume esperado e, por tanto, da dificultade de extinción dos incendios e a magnitude dos seus efectos. Inclúense tamén algunhas reflexións e propostas relativas ás accións que a sociedade e a Administración poderían acometer para responder a ese reto que esixirá adaptarnos a un novo escenario. Co obxecto de centrar mellor a cuestión, preséntanse deseguido algúns dos principais trazos do réxime de lume en Galicia.

ALGUNHAS DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO RÉXIME DE LUME FORESTAL EN GALICIA

O termo «réxime», usado inicialmente nun contexto de ecoloxía do lume nos anos oitenta para describir as pautas temporais e espaciais dos impactos do lume nun longo período de tempo (Morgan *et al.* 1999), foi ampliando pouco a pouco o seu contido ata incluír aspectos físicos e sociolóxicos (Krebs *et al.* 2010).

Moreno e Chuvieco (2013) propuxeron unha clasificación dos réximes de lume en España e consideraron Galicia como exemplo do tipo caracterizado por unha alta densidade de lumes (número de incendios $\cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$) e longa estacionalidade (número de meses que presentan densidade significativa). Posteriormente, eses autores (Moreno e Chuvieco 2016) ampliaron os factores conside-

rados para incluíren aspectos relacionados co clima, a poboación, a produtividade forestal, o tipo de cuberta vexetal e os seus cambios e o gando. Segundo o anterior, Galicia, a moi grandes trazos, sería un exemplo de réxime caracterizado por unha alta densidade de ignicións e longa estacionalidade, cun tamaño de incendio que tende a ser reducido, xunto a unha elevada humidade e produtividade forestal, alta densidade de poboación, dilatado censo gandeiro e rápidos cambios na cuberta de vexetación. Outro trazo do réxime de lume en Galicia, como é o elevado número de incendios en inverno (compartido con outras rexións do norte peninsular), foi tamén frecuentemente destacado (Vega *et al.* 2009a, Jiménez-Ruano *et al.* 2017, Barreal e Jannes 2020).

Certamente, en Galicia a maior parte dos parámetros utilizados para reflectir a actividade de incendios (MAPAMA e Pladiga, Xunta de Galicia 2019) presentan valores máis desfavorables que no resto de España e a maioría dos países do sur de Europa, coa excepción de Portugal. De feito, a superficie forestal de Galicia representa o 7,4 % da correspondente área en España, mentres que a súa contribución relativa á superficie queimada nacional no último período contabilizado (2006-2015, MAPAMA) foi do 28 % e 29 % en termos de número de incendios.

Se hai un trazo que caracteriza a situación dos incendios en Galicia, ese é o seu alto número. A súa densidade no período 1978-2017 foi de 3,1 lumes por cada 1000 hectáreas forestais, máis de doce veces superior á do resto de España. Neses corenta anos, o 39 % dos incendios forestais de España ocorreron en Galicia. Ningunha tendencia de ascenso ou descenso estatisticamente significativa se aprecia nese longo período no seu conxunto. Non obstante, de 1978 a 1995 (o ano co maior número de incendios referido) a densidade media foi de 7,7 lumes/1000 ha, mentres que entre 1995 e 2017 baixou a 3,5, dentro dunha tendencia significativa a diminuír. Desde a entrada en servizo dunha unidade específica da administración forestal dedicada á prevención e defensa contra incendios en 1990, a ocorrencia de lumes reduciuse de maneira significativa (Figura 1), o que apunta a que as accións promovidas están a producir resultados positivos.

A extensión media queimada cada ano en Galicia nos últimos corenta é dunhas 41 000 ha. Esa cifra supón un cociente (ratio) de área forestal queimada do 2,02 %, unhas catro veces superior á do resto de España en igual período.

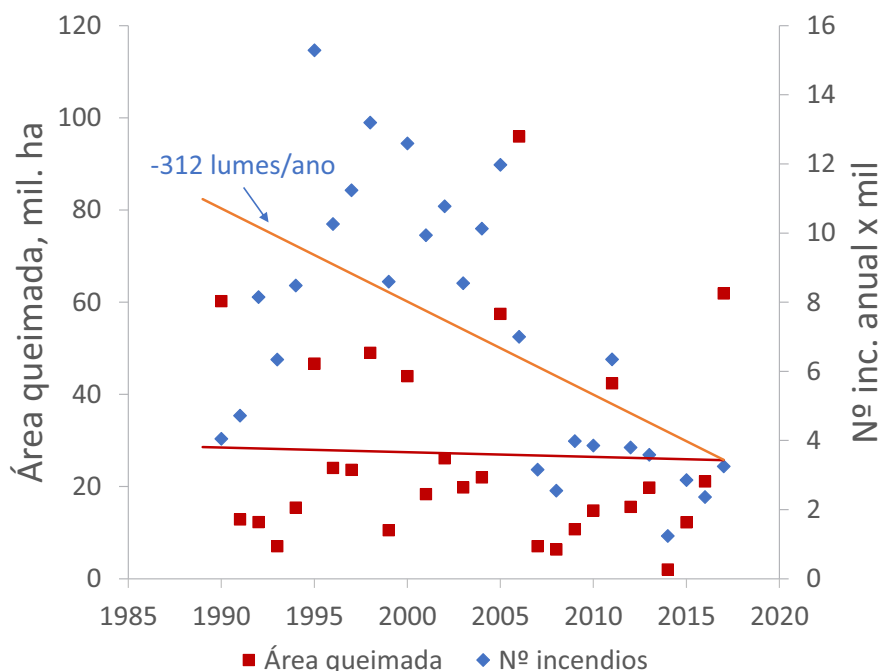


Figura 1. Evolución do número de incendios e da área queimada anuais entre 1990 e 2017. Mentres que a tendencia no número de incendios é decrecente nun grao significativo (pendente indicada na figura), a área anual queimada non mostra ningunha tendencia significativa

A maior parte (67,8 %) desa superficie corresponde a matogueira e representa un 23 % da queimada en España nese período. A ratio citada mostrou unha tendencia significativa a decrecer co tempo neses corenta anos. Isto traducíuse en pasar do 3,63 % do citado cociente antes de 1991 (un punto de cambio pronunciado na serie) a case tres veces menos desde esa data ata 2017. Malia todo, o descenso non foi uniforme espacialmente, e en Pontevedra e Ourense, onde a área queimada anualmente continúa sendo moi elevada, desde 1992 ata 2017, non se detectou unha tendencia a diminuír, mentres que nas outras dúas provincias si o fixo. En conxunto, desde 1990, a superficie queimada cada ano en Galicia non diminuíu de maneira significativa (Figura 1), un dato moi preocupante. Como media para Galicia, o período de rotación do lume nos últimos corenta anos é de 49,5 anos. Pontevedra, con tan só 32,4 anos, e Ourense, con

37,4 anos, son as provincias que sofren unha presión de lume reiterada máis alta, fronte á Coruña (66,4 anos) e Lugo (78,4 anos). Unha redución do período de rotación tradúcese con frecuencia en maiores efectos ecolóxicos do lume porque o sistema ten menos tempo para recuperarse. Dentro desas provincias tampouco esa incidencia é uniforme, e concéntrase principalmente na parte occidental e suroeste para Pontevedra e A Coruña, mentres que en Ourense, na suroeste e sueste, e en Lugo, na suroeste e leste (Figura 2).

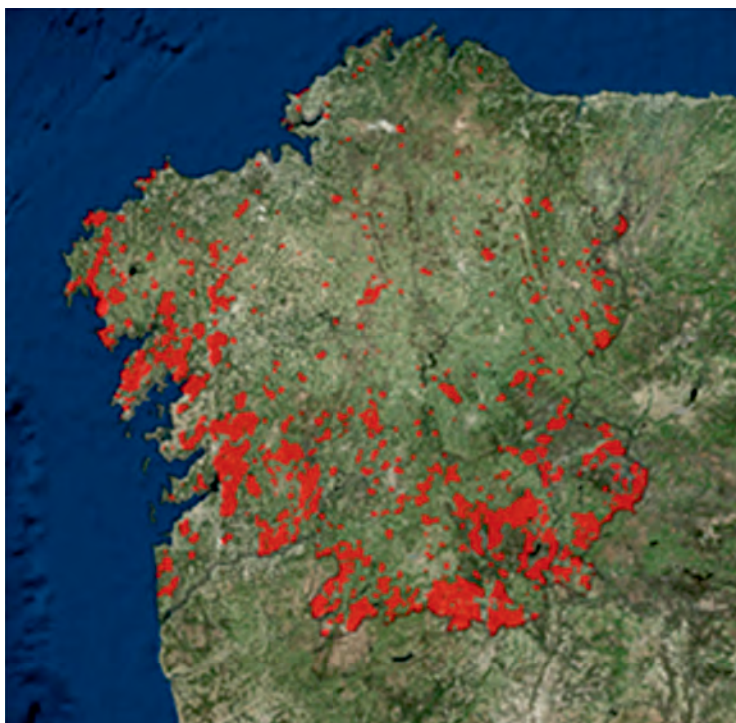


Figura 2. Área queimada entre 2001 e 2017 en Galicia. Composición de imaxe desenvolvida por Adrián Regos, baseada en imaxes de MODIS (NASA LP DACC, 2017).
Dispoñible en <https://arcg.is/1Orfj4>

Respecto ao tamaño das áreas queimadas, o 79 % dos incendios de Galicia entre 1978 e 2017 tivo menos dunha hectárea, fronte ao 58 % do resto de España, e o tamaño medio de incendio foi de 8,5 ha, notablemente inferior ao do resto do país (18,2 ha), indicando unha boa efectividade do sistema de

extinción de Galicia, se ben estas cifras mostran moita variabilidade e unha tendencia a aumentar entre 1991 e 2017. O número de grandes incendios (>500 ha) en Galicia foi de 7,6 lumes/ano, que constitúen unha porcentaxe moi pequena do total (0,16 %) pero queiman ao redor dun 16 % da superficie ardida (37,2 % no resto de España). Esta é unha característica típica dos grandes incendios na área mediterránea e outras partes do mundo (Camia *et al.* 2011, San-Miguel-Ayanz *et al.* 2013); con todo, non moi pronunciada en Galicia.

Malia que se trata de signos comparativamente positivos, hai outros negativos. Entre eles cabe destacar que non existe tendencia ao descenso na porcentaxe que representan os grandes incendios en Galicia, respecto ao número anual total de incendios, mentres que decreceron no resto do país, e a porcentaxe de superficie queimada por eles creceu en Galicia, aínda que se mantivo estable nas outras áreas españolas.

A inhomoxeneidade espacial e temporal do número de incendios e a área queimada en Galicia recibiron atención nun número de estudos (p. ex. Chas-Amil *et al.* 2010 e 2013, Prestemon *et al.* 2012, Balsa-Barreiro e Hermosilla 2013, Fuentes Santos *et al.* 2013, Barreal e Loureiro 2013 e 2015, Boubeta *et al.* 2015, Costafreda-Aumedes *et al.* 2016, Ríos-Pena *et al.* 2017, Barreal e Jannes 2020). A distribución estacional do número de incendios foise convertendo en bimodal, ao longo dos últimos decenios cun alongamento do período de perigo que presenta dous máximos relativos en marzo e agosto; non obstante, para a superficie queimada segue sendo unimodal, cun máximo en agosto (Vega *et al.* 2009a, Barreal e Jannes 2020). A simultaneidade de ignicións é outro trazo característico da situación dos incendios en Galicia. Téñense con relativa frecuencia días de máis de 100 lumes e observáronse ata 425 lumes/día (Fernández-Couto 2006), e isto ocorre maioritariamente cando as condicións meteorolóxicas son máis adversas (García-Díez *et al.* 1994 e 1997), o cal provoca un desbordamento do operativo de extinción e frecuentes e perigosos escapes e reproducións (Cela 2018).

A alta densidade de poboación en moitas comarcas, en especial as occidentais, introduce un factor engadido ao risco, xa que os incendios con frecuencia acaban ameazando núcleos de poboación. Isto complica en gran medida a extinción e diminúe o seu rendemento, ao térense que desviar recursos para atender a protección das persoas e vivendas.

Como sucede noutras rexións do sur de Europa (Vilar del Hoyo *et al.* 2009, Ganteaume *et al.* 2013), a inmensa maioría dos incendios en Galicia (98,2 %) son de orixe humana. Esa cifra está próxima á media europea (97,1 %). No entanto, unha característica propia de Galicia é a súa elevada taxa de lumes intencionados (ao redor do 78 % do total, segundo MAPAMA s. d.). Dentro desa categoría, os producidos por queimas que teñen finalidade agrícola e pastoral supoñen a maior porcentaxe, un 43,4 %, mentres que os de orixe descoñecida representan un 34,2 %. Incendiaros, vandalismo, protestas e disputas locais calcúlase que suman ao redor dun 17,5 %. Aínda que a investigación de causas tropeza con grandes dificultades e a asignación a algunhas desas motivacións é discutible, o anterior resalta dous aspectos esenciais do réxime de lume en Galicia. Por unha banda, a longa tradición cultural no uso do lume mantida no tempo, nun contexto moi diferente ao do pasado en canto á estrutura da vexetación na paisaxe e ao coñecemento no manexo do lume pola poboación. Baste reparar no que supón realizar máis de 300 000 queimas agrícolas e máis de 6000 forestais en 2017 (Barreiro 2018, comunicación persoal). Por outra, o incendio provocado parece a expresión dun cadro de problemas socioeconómicos con tensións e conflitos subxacentes non resoltos, e pautas espaciais e temporais que suxiren influencias dunha ampla variedade de motivacións e que amosan un forte compoñente imitativo (Marey-Pérez e Rodríguez Vicente 2008, Chas-Amil *et al.* 2010, Gómez-Vázquez *et al.* 2009, Barreal *et al.* 2012, Prestemon *et al.* 2012, Fuentes-Santos *et al.* 2013, Pazos Lamoso *et al.* 2018, Da Ponte *et al.* 2019, De Diego *et al.* 2019). O resultado é a recorrencia de incendios en áreas determinadas (Barreal e Loureiro, 2013, 2015, Boubeta *et al.* 2015, Costafreda-Aumedes *et al.* 2014, 2016), que comporta unha degradación da vexetación e o solo nos ecosistemas afectados (Regos *et al.* 2014), unha desmotivación das iniciativas económicas ligadas ao sector forestal e o desalento e desentendemento da poboación neles. Os datos respecto ao cambio dese cadro non son moi alentadores. Por exemplo, as porcentaxes de incendios intencionados e de causa descoñecida nos últimos 25 anos apenas variaron. Sinalan a necesidade de actuar nese eido.

A crecente incidencia dos incendios nunha moi extensa interface urbano-forestal é tamén un trazo típico do réxime de lume forestal en Galicia (Chas-Amil *et al.* 2013, 2015 e 2020, Calviño-Cancela *et al.* 2016 e 2017), consecuencia dunha forma de vida e falta dun planeamento territorial que resulta

nun urbanismo difuso, e, máis recentemente, doutros factores do cambio global, o que introduce un elemento de complexidade na xestión do lume forestal. Isto xera preocupación no tocante ao futuro manexo de situacións de alto risco para a poboación en relación cos incendios forestais.

Finalmente, un dos aspectos máis inquietantes do réxime de lume en Galicia atópase na ocorrencia de episódicos estalidos de lumes catastróficos ou «vagas de lumes», como as de 2006 e 2017 –nalgúns aspectos, diferentes da que produciu os grandes incendios de 1989–. Mentres que estes últimos eran aínda «lumes estritamente forestais», os outros dous episodios representan un novo tipo de incendios, caracterizados polo elevado número de ignicións, concentradas en determinadas áreas, que causaron un impacto sobre a interface urbano-forestal (en sentido amplo) descoñecido ata o de agora e baixo condicións meteorolóxicas en extremo perigosas (Cruz Guerrero *et al.* 2007, Parlamento de Galicia 2018, este estudo). Claramente, este tipo de incendios é capaz de producir un colapso no sistema de extinción (Cela 2018). Resulta previsible que, baixo a crecente influencia do cambio climático, a ocorrencia desta clase de lumes, que teñen o potencial de desencadear consecuencias catastróficas, poida darse no futuro próximo con maior frecuencia.

COMO FOI A INFLUENCIA DO CLIMA SOBRE A SITUACIÓN DE PERIGO DE INCENDIOS NOS ÚLTIMOS DECENIOS EN GALICIA?

O clima é determinante no inicio e propagación do lume nos incendios forestais. O tipo e cantidade de vexetación que constitúe o combustible dos incendios é a consecuencia das características climáticas, edáficas e do uso da terra. Por outra banda, o contido da auga na vexetación é un factor clave na súa inflamabilidade (en sentido amplo) e vén controlada, en boa medida, polas condicións climáticas. A vexetación viva ten un contido de auga dependente, basicamente, da especie, da variación estacional debida á fenoloxía e das condicións meteorolóxicas antecedentes a medio prazo (Yebra *et al.* 2013, Resco de Dios, 2020, Marino *et al.* 2020). Pola contra, os combustibles finos mortos, integrados polas fraccións de vexetación seca de escaso grosor (< 6 mm de espesor), presentan unha maior dependencia das condicións meteorolóxicas a curto prazo,

con oscilacións diarias moi acusadas e mesmo diúrnas. É por iso que se considera a humidade do combustible fino morto un parámetro de grande interese en incendios xa que pode ofrecer información de moita utilidade para expresar a facilidade de ignición e propagación do lume e, por tanto, ser usado como un indicador de perigo diario de incendios, ademais doutros usos. A modelización da humidade deses combustibles en función de parámetros meteorolóxicos (Nelson 2001, Mathews 2012) permite elaborar diversos índices de perigo de incendios forestais, usados operacionalmente polos servizos de protección contra incendios (p. ex. McArthur 1962, Bradshaw *et al.* 1983, Forestry Canada Fire Danger Group 1992).

O coñecemento actual dos efectos do cambio climático sobre os incendios forestais en Galicia, referidos ao pasado recente, é aínda moi escaso. Entre 2007 e 2009 a Consellería de Medio Ambiente desenvolveu un proxecto interdisciplinar (CLIGAL), coa intervención de diversos organismos de investigación e máis dun centenar de investigadores, sobre as evidencias e posibles impactos do cambio climático en Galicia. Un dos temas abordados foi o do perigo de incendio, tomando como base a predición da humidade dos combustibles finos mortos (Vega *et al.* 2009a e 2009b). O estudo foi ampliado nalgúns aspectos en Arellano (2011) e, posteriormente, coa recompilación de novos datos para o período 2006-2017, gañouse en perspectiva. Usáronse un conxunto de índices de perigo de incendios (australianos, canadenses e estadounidenses) referidos aos seus valores no verán e en marzo. En liñas xerais, estes descritores reflicten a facilidade de ignición e de propagación do lume a través dos combustibles forestais (véxase unha revisión en Ruiz-González e Vega 2007). Tamén, dada a súa dependencia das condicións meteorolóxicas, se converten en potenciais detectores de cambio climático cando se analizan as súas tendencias nun período de tempo suficientemente longo.

Os índices australianos e estadounidenses que se empregaron foron estimadores directos da humidade da frouma ou de herbáceas secas. En concreto, usáronse os seguintes: CBEF (McArthur 1962, Gill 1987, Viney e Hatton 1989), FFDM (McArthur 1967), SMC (Sneeuwjagt e Peet 1985), FBO (Rothermel 1983), Behave (Rothermel *et al.* 1986) e GFDM (McArthur 1966). Un descenso destes índices supón un empeoramento da situación de perigo. Ademais, usáronse diversos índices canadenses (Van Wagner 1987, Forestry Canada Fire

Danger Group 1992), construídos de forma que un aumento dos seus valores implica un agravamento das condicións de perigo. Unha parte destes últimos índices expresan de maneira indirecta a humidade da frouma (FFMC) e do humus (DMC) e os efectos da seca acumulada (DC) –Wotton 2008–. Os restantes son estimadores da dispoñibilidade de combustible para o lume (BUI) e parámetros de comportamento do lume tales como a velocidade de propagación do lume (ISI) e a potencia lineal da fronte de chamas (FWI), este último combinando o efecto conxunto dos dous anteriores.

Tres cuestións foron formuladas nestes tres estudos:

- a) Mostraron os índices de perigo de incendios forestais máis usados, tendencias de cambio significativas entre 1961 e 2006 en Galicia?
- b) Explican eses índices parte da variabilidade do número de incendios e área queimada nese período?
- c) Confirman os datos dos índices para o período 2007-2017 as tendencias observadas para o período anterior?

a) *Tendencias do perigo meteorolóxico entre 1961 e 2006*

Os resultados principais obtidos expóñense deseguido:

a.1. Detectouse unha tendencia significativa a incrementarse a duración da época de perigo de incendios en Galicia, coa xeración dunha distribución bimodal do número de incendios que amosa máximos en marzo e agosto nas catro provincias, proceso que se foi acentuando co tempo. Isto é concordante cun incremento da duración da época de perigo de incendios en certas rexións do planeta (principalmente Australia, Norteamérica e a conca mediterránea) nos últimos decenios (Jolly *et al.* 2015) e no futuro (Dupuy *et al.* 2020).

a.2. A maior parte dos índices (64 %) presentaron tendencias significativas de empeoramento do perigo de incendios no verán ao longo do período estudado. Isto foi interpretado nun sentido dobre: por unha banda, o cambio climático aumentou o perigo meteorolóxico de incendios no período do estudo (entre 33 e 45 anos, segundo os sitios) e, por outra, os índices analizados poden considerarse unha evidencia máis do cambio climático ocorrido en Galicia nese intervalo de anos.

a.3. Os índices que estiman a humidade da frouma e dos combustibles finos secos dunha maneira máis simple reflectiron, en conxunto, o cambio climático

con máis claridade e, polo tanto, expresaron tamén máis nitidamente a situación de agravamento do perigo que os máis complexos e indirectos.

a.4. Os valores medios para Galicia dos índices canadenses estivais no período 1973-2006 consideráronse, en xeral, moderados para tres provincias, excepto para Ourense, onde DC e FWI foron altos. Se se asume que o índice canadense DSR expresa a dificultade de extinción, a súa media entre 1973 e 2006 (4,31) foi 1,78 veces superior en Ourense que nas outras provincias, nas que DSR non difería entre elas.



Figura 3. Sentidos dos gradientes de incremento das condicións de perigo de incendio, debido ao cambio climático

a.5. En liñas xerais, detectáronse dous gradientes no empeoramento das condicións de perigo de incendios (Figura 3): un de aumento de norte a sur e outro de crecemento de oeste a leste. Isto implica un incremento do perigo desde o norte da Coruña ao sur de Pontevedra e desde a costa ao interior, e é maior, en xeral, na parte oriental de Lugo que na costa, para a mesma latitude, e máis

elevado en Ourense. Se isto se enfronta coa distribución espacial dos incendios en Galicia –cunha forte concentración de área queimada no suroeste e no sueste– (Figura 2), apréciase a concordancia de ambos os feitos. Iso subliña o peso da compoñente climática na distribución espacial dos incendios, a pesar da forte influencia doutros factores.

a.6. É conveniente destacar que unhas alteracións aparentemente pequenas nos valores absolutos da humidade do combustible fino morto, producidas polo cambio climático no período de tempo estudado –que, en principio, poderían considerarse pouco relevantes para o cadro xeral de incendios–, se traducen, con todo, nunha amplificación notable do empeoramento do comportamento do lume. Un exemplo ilustra este efecto. A media estimada da humidade do combustible fino morto en Pontevedra para o período 1961-1965 foi dun 14 % e baixou ao 12 % en 2002-2006. Pola súa banda, en Ourense, o 13 % de media durante 1973-1977 diminuíu a un 10 % en 2002-2006. Eses descenso de humidade traducíronse nun significativo agravamento do comportamento medio esperado do lume (Táboa 1), cun crecemento potencial pronunciado da área queimada e do perímetro do incendio, en igualdade dos restantes factores. En termos relativos, os aumentos das variables modeladas foron considerables (entre o 16,5 % e o 92,5 %), o que implica, por citarmos algúns efectos, unha maior dificultade de extinción e facilidade para que os escapes se convertan en grandes incendios, xunto a consecuencias socioeconómicas e ambientais máis graves.

a.7. Se os anteriores resultados se poñen en conxunto cos cambios socioeconómicos e o aumento dos combustibles forestais acontecidos no ámbito rural neses mesmos períodos (Barreal *et al.* 2012, López Iglesias 2018, López Iglesias e Pérez Fra 2004, Sineiro 2006, Chas-Amil *et al.* 2015), o efecto combinado debuxa un cadro moi desacougante.

b) *Asociación entre os índices de perigo e a actividade de incendios.* Os indicadores canadenses FWI, BUI, DMC e FFMC (meses de xuño a setembro) mostraron conexións máis estreitas coa actividade de incendios que os estimadores máis directos da humidade da frouma entre 1973 e 2006. De feito, absorberon un 54 % da variabilidade do número de incendios de verán, para o conxunto de Galicia, e o 45 % da área queimada coa mesmas variables mais DC e SMC, no período 1973-2006. Estes resultados están en liña cos de Manta e Viegas (2006)

Táboa 1. Simulación do efecto do cambio climático en diversas variables de comportamento do lume entre 1961 e 2006 en Pontevedra e Ourense

Sitio	Humidade do combustible fino morto, %		Velocidade de avance do lume, m/h		Área queimada na primeira hora, ha/h		Perímetro na primeira hora, m		Potencia lineal da fronte de chamas, kW/m	
Períodos	1961-1965	2002-2006	1961-1965	2002-2006	1961-1965	2002-2006	1961-1965	2002-2006	1961-1965	2002-2006
Pontevedra	14	12	1.017	1.185	49	69	2.834	3.336	16.957	19.770
Períodos	1973-1977	2002-2006	1973-1977	2002-2006	1973-1977	2002-2006	1973-1977	2002-2006	1973-1977	2002-2006
Ourense	13	10	623	791	27	52	1.910	2.533	10.400	13.193

Utilizouse o modelo de Anderson *et al.* (2015) de matogueiras de clima tépedo. As humidades do combustible fino seco en Pontevedra e Ourense empregadas son, respectivamente, os valores medios estimados polo modelo CBEF (McArthur 1962, Gill *et al.* 1987 e Viney e Hatton 1989) para os períodos respectivos. Nos dous sitios considerouse un combustible de matogueira de toxo (*U. europaeus*) de 1 m de altura, cunha carga de 23 Mg/ha para a fracción menor de 6 mm de grosor do estrato de combustible elevado e de 17 Mg/ha para o estrato de frouma (Arellano *et al.* 2017), cun grao de consunción na fase de chamas do combustible elevado do 85 % (Vega *et al.* 2000a); asumíuse un 75 % de consunción para a frouma. Vento de 22 km/h (a 10 m) en Pontevedra (percentil 90, da estación meteorolóxica de Vigo) e de 11 km/h en Ourense (percentil 90 da estación de Ourense), cun factor de axuste de vento de 0,50 en ambos os casos, en terreo chairro. A humidade do combustible vivo fino foi modelada en función do DC (Viegas *et al.* 2004) e resultou ser do 111 % para Pontevedra e do 72 % e o 71 % para Ourense nos dous períodos, respectivamente. A potencia lineal da fronte de chamas determinouse segundo Byram (1959a), supoñendo unha calor de combustión de 18 600 kJ/kg. A área queimada e o perímetro calculáronse segundo Rothermel (1983).

para o período 1991-2000. Estes autores observaran unha boa correlación entre o FWI e o número de incendios e a área queimada diarios, no verán e no comezo do outono, en Lugo e na Coruña e máis escasamente en Ourense. Tamén cos de Urbietta *et al.* (2015) para un período posterior (1985-2011), que atoparon que o FWI deu conta de porcentaxes similares de variabilidade do número de incendios (44 %) e da área queimada (46 %) e, en menor medida, do número de grandes incendios. O mesmo cadro tívose para Portugal (Fernandes *et al.* 2014 e 2016a) e a Europa mediterránea no seu conxunto (Camia *et al.* 2008, Camia e Amatulli 2009). As relacións entre os índices de perigo citados e a actividade de lume variaron segundo a provincia, mostrando Ourense as correlacións máis altas. As relacións achadas parecen compatibles coa forte intencionalidade dos incendios en Galicia. Que os índices canadenses –que teñen en conta

o efecto acumulativo da seca– presenten mellores relacións coa actividade de incendios apunta a que, ademais da maior facilidade de ignición dos combustibles finos, típica das negligencias, o incendiario opera cunha intencionalidade que busca as dúas eficacias: na ignición e nas consecuencias.

c) *Respecto ás tendencias dos índices entre 2007 e 2017 inclusive*

c.1. É importante destacar un incremento do perigo (medido pola pendente da tendencia) neste segundo período, con respecto ao primeiro, na metade sur de Galicia, máis pronunciado en Ourense. En Pontevedra aparecen incrementos significativos co tempo nalgúns índices, como o FFMC e o DMC, non detectados no estudo previo (Táboa 2). Isto apunta a un empeoramento dos condicionantes meteorolóxicos do incendio, cos seus concomitantes efectos no comportamento do lume e as súas repercusións ambientais. Confírmense tamén os dous gradientes espaciais achados antes, que se fan aínda máis pronunciados.

Táboa 2. Pendentes das tendencias dos valores medios anuais dos índices de perigo de incendios GFDM, FFDM, FFMC, DMC e DC no verán para os períodos considerados en Pontevedra e Ourense

Provincia	Período	GFDM	FFDM	FFMC	DMC	DC
Pontevedra	1961-2006	-0,051***	-0,061***	ns	ns	ns
	1961-2017	-0,064***	-0,080***	0,130***	ns	0,273**
Ourense	1973-2006	-0,089***	-0,059***	0,169***	0,806**	ns
	1973-2017	-0,114***	-0,087***	0,300***	1,899***	3,591**

** p < 0,01; *** p < 0,001; ns = non significativo

Por exemplo, a media da humidade estimada da herba seca, GFDM, pasou de estar en arredor do 11 % nos primeiros anos dos setenta en Ourense a situarse en aproximadamente o 6 % na primeira década do século XXI. Mentres tanto, en Pontevedra, entre esas mesmas datas, a humidade media estimada pasou do 14 % ao 11 % (Figura 4). O anterior implica que no sur de Galicia a diferenza de comportamento do lume nos incendios entre o oeste costeiro e o leste interior aumentou no último decenio. Pola súa banda, o valor medio de DMC pasou en Ourense, nese período, de estar en 50, no ano 1973 (un valor moderado), a acharse en 160, pola altura de 2015 (Figura 5), un valor moi alto, mentres que en Pontevedra o fixo desde 28 ata ao redor de 50, os dous moderados.

Iso significa que en Ourense está dispoñible moito máis combustible grosso para intervir na combustión e, por tanto, que é esperable unha gravidade máis elevada do lume no solo, en igualdade doutros factores.

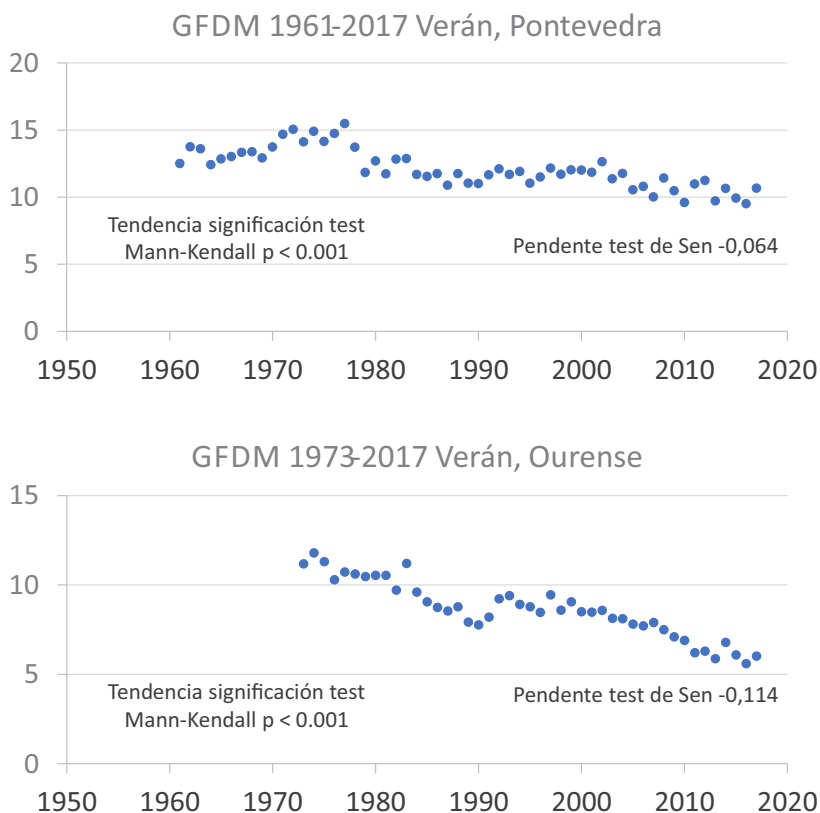


Figura 4. Variación no tempo do descritor australiano GFDM (McArthur 1966) da humidade de herbáceas para Pontevedra e Ourense, correspondente aos meses de verán

c.2. Nas tendencias do percentil 90 dos índices canadenses de perigo estival nese novo intervalo de tempo observouse un incremento do número de provincias onde os citados percentís dos índices aumentaban de maneira significativa co tempo, respecto ao tido para as series ata 2006. Isto interpretouse como unha evidencia do empeoramento da situación tamén para os días en que o perigo é

máis elevado que para os de perigo medio. Noutros estudos ese percentil estivo relacionado dun xeito significativo coa superficie queimada, p.e. en Portugal (Pereira *et al.* 2005, Fernandes *et al.* 2014) e tamén coa ardida nos incendios de gran tamaño nese país (Fernandes *et al.* 2016a). No seu conxunto, os resultados anteriores poñen de manifesto un escenario de maior perigo de incendio, onde os lumes poden desenvolver comportamentos extremos.

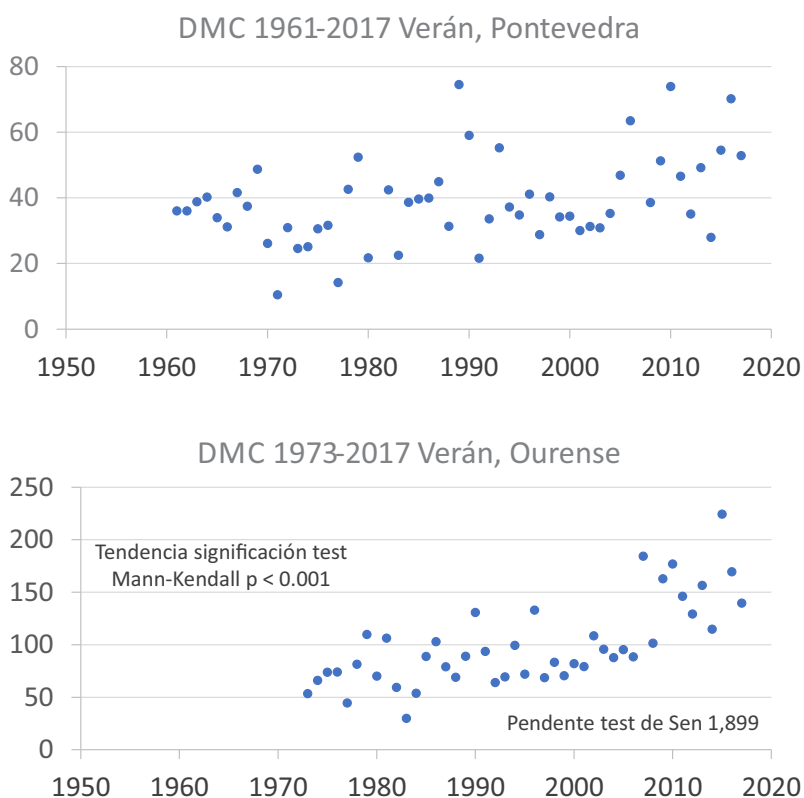


Figura 5. Comparación das tendencias dos valores medios anuais do descriptor DMC (Van Wagner 1987) en Ourense e Pontevedra, correspondentes aos meses de verán

QUE CABÍA ESPERAR, ANTES DE SE PRODUCIREN OS INCENDIOS DE 2017, DA INFLUENCIA DO CAMBIO CLIMÁTICO RESPECTO AO PERIGO EN GALICIA A MEDIO E LONGO PRAZO?

Fíxose xa habitual nos medios de comunicación presupoñer que a subida da temperatura media anual e das máximas no verán inevitablemente producirán un incremento no número de incendios e na área queimada en Galicia. Pero a magnitude e velocidade deses cambios e como estes afectarán á dificultade de extinción e, por tanto, á poboación e tamén ás consecuencias postincendio implican un alto grao de incerteza. Na actualidade existe aínda unha forte limitación da capacidade para efectuar proxeccións das condicións meteorolóxicas a medio e longo prazo, xunto á posibilidade de alteración delas pola irrupción de eventos inesperados debido a procesos non ben coñecidos. En gran medida, esas predicións dependen do ritmo das emisións de gases de efecto invernadoiro, difícil de prever. A isto hai que engadir un dinamismo socioeconómico que, como se viu, en poucos anos pode provocar importantes cambios na estrutura espacial dos combustibles a escala da paisaxe, na actividade de incendios e na vulnerabilidade do sistema no seu conxunto. Tendo en conta esas incertezas, coméntanse a seguir os resultados de diversos estudos sobre algunhas desas cuestións.

A exploración das tendencias do perigo meteorolóxico de incendios en Galicia nun horizonte temporal dilatado (2010-2060) foi abordada en Vega *et al.* (2009b) no referido proxecto CLIGAL e en Arellano (2011). Comparáronse dúas aproximacións: unha na que simplemente se proxectaban no tempo as tendencias atopadas entre 1973 e 2006, no estudo xa comentado, e outra apoiada nunha simulación climática efectuada por MeteoGalicia para o período 2000-2060 (Martínez de la Torre e Míguez Macho 2009). Utilizouse nesta última o modelo HadCM3 da United Kingdom Met Office (UKMO) para o escenario SRES (*Special Report on Emissions Scenarios*; IPCC 2000) A1B, un contexto de emisións medio. Esa simulación xerou datos diarios das variables meteorolóxicas necesarias para alimentar os índices de perigo de incendios. Os principais resultados deses estudos foron os seguintes:

a) A diferenza do atopado para a media de Galicia no período 1973-2006 –cos índices construídos empregando datos reais das estacións meteorolóxicas–,

todos os índices de perigo obtidos a partir dos datos da simulación climática mencionada mostraron unha tendencia significativa a empeoraren no período 2010-2060 (Táboa3). Esa distinta resposta fronte ao clima resultou máis aparente nos índices canadenses, nos que non se detectaron tendencias significativas de cambio, para a media de toda Galicia, no intervalo 1973-2006 (excepto no índice BUI). As pendentes relativas ás tendencias dos estimadores directos da humidade do combustible fino morto foron semellantes ás correspondentes ao primeiro período mencionado.

Táboa 3. Comparación dos valores e cualificación dos índices de perigo de incendios para a media estival de Galicia entre 2010 e 2060 baseados en: a) as tendencias calculadas a partir de datos meteorolóxicos reais entre 1973 e 2006, e b) valores obtidos por simulación climática entre 2000 e 2060 co modelo HadCM3 para un escenario de emisións medio

Índice	Baseado nas respectivas tendencias obtidas e datos meteorolóxicos reais entre 1973-2006		Baseado nos valores respectivos obtidos de simulación climática entre 2000-2060	
	2010	2060	2010	2060
CBEF	Moderado 10,4	Alto 8,8	Moderado 11,2	Alto 9,2
FFMC	Baixo 80	Moderado 84	Moderado 83	Alto 87
DC	Moderado 380	Moderado 410	Moderado 403	Alto 535
BUI	Moderado 52	Moderado 49	Moderado 53	Moderado 108

En termos prácticos, isto significa que ambos os métodos dan unha imaxe clara do empeoramento da situación de incendio, en canto ás condicións meteorolóxicas e á dispoñibilidade de combustible da cuberta morta do chan. Porén, a simulación climática ofreceu un cadro de maior perigo, en especial no que se refire á dificultade de extinción e aos efectos no chan. Este resultado concorda co atopado por Bedía *et al.* (2014) para o percentil 90 do índice FWI correspondente ao período 2071-2100, cunha simulación climática feita no escenario de emisións A1B. Parece, por tanto, que a extrapolación das condicións do período 1973-2006 podería non reflectir adecuadamente a situación futura, e que, á vista

desa información (Táboa 3) para o conxunto de Galicia, podería ser considerablemente peor. Nun recente estudo de Bowman *et al.* (2017) a nivel global, baseado na análise dun conxunto de incendios de comportamento extremo e na aplicación dos ascensos obtidos por Bedía *et al.* (2014), prognosticábase para Galicia un aumento substancial no número de días en que se superaría o percentil 93 do FWI. Este resultado é moi preocupante porque podemos estar ante un escenario que se fai progresivamente máis desfavorable, como a comparación das tendencias de 1961-2006 e 1973-2006 apuntou.

b) Con todo, dado que a simulación climática proporcionou só un valor medio para Galicia e existen fortes diferenzas no perigo meteorolóxico ao longo do seu territorio, segundo se referiu, aplicouse a proxección baseada nas tendencias dos índices obtidas da serie meteorolóxica que vai de 1973 a 2006 a nivel provincial. Na Figura 6 obsérvanse as marcadas diferenzas en diferentes índices de perigo simulado de incendios, atopadas para A Coruña e Ourense, no horizonte 2010-2060, que se manifestan nun progresivo incremento do perigo na segunda desas provincias. Non obstante, é importante subliñar que, á vista do indicado máis arriba, pode tratarse dun cadro que estea subestimando o perigo.

c) Tamén, a media do número de días en que os índices canadenses estiveron no seu nivel alto para o conxunto de Galicia tendeu a aumentar significativamente entre 2000 e 2060. Iso supoñería, por exemplo, que os días en que o lume queimaría con alto DC (elevada sequidade no chan) no verán pasarían de 30 a 57 e que o número de días en que a consunción de combustible (BUI) estaría nun nivel alto cambiaría de 12 a 47, mentres que o FWI tería 15 días no seu nivel alto en 2000 e 49 en 2060. Nótese que, polo que vivimos en datas recentes, é posible que se trate dun escenario subestimador do perigo. Bowman *et al.* (2017), no estudo citado, predicían para Galicia un incremento do 40 % dos días que presentarían valores extremos (percentil 93 %) do FWI.

d) Os índices de perigo determinados a través da simulación climática para o período 2000-2060 foron introducidos nos modelos predictivos do número anual de incendios e da área queimada en Galicia en función duns índices de perigo, achados previamente (Vega *et al.* 2009b). Obtívose así unha estimación da proxección deses parámetros de actividade de incendios para 2000-2060 que sinalaba un escenario de empeoramento. Como é obvio, estes resultados foron considerados só indicativos por varias causas: moderada variabilidade absorbida

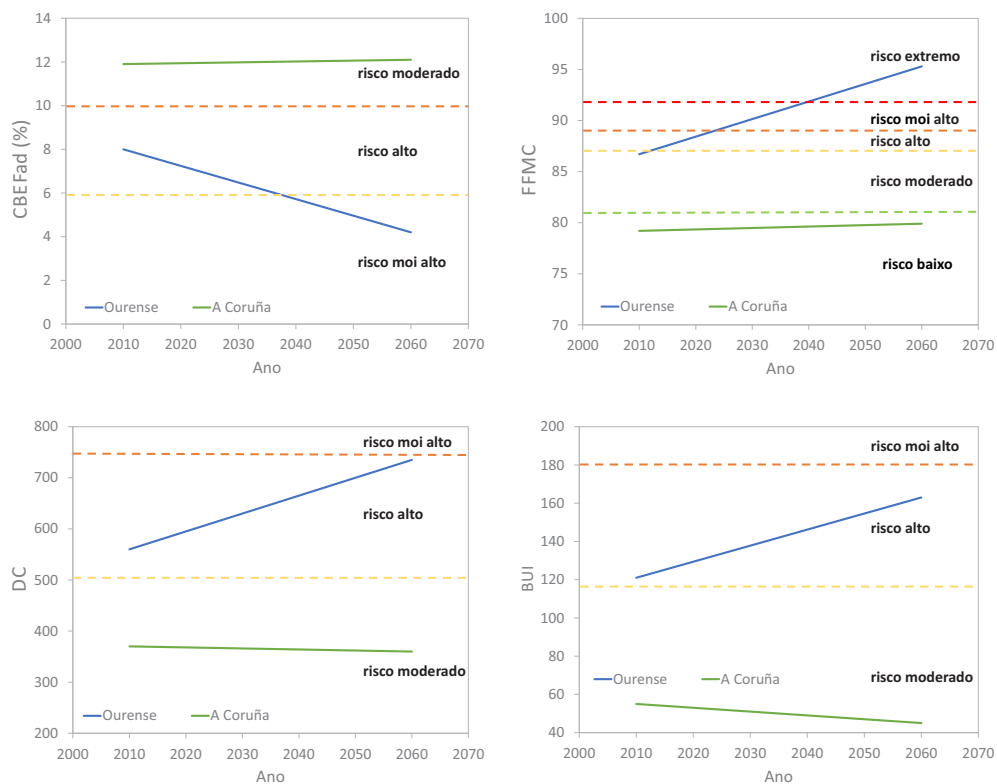


Figura 6. Simulación da variación dos niveis dos índices de perigo de incendios (período 2010-2060), para A Coruña e Ourense, obtida a partir das tendencias de cambio dos índices correspondentes ao intervalo 1973-2006. Os rangos de perigo para cada índice indícanse polas liñas horizontais e seguen os valores recomendados por Cruz (2000). Fonte: Vega *et al.* (2009b)

por eses modelos, elevada incerteza dos modelos climatolóxicos en xeral e, en particular, nunha área como Galicia, cunha variabilidade climática pronunciada. Non obstante, o maior factor de incerteza débese a cambios na compoñente socioeconómica, cunha alta capacidade para mudar con rapidez, o cal xerou por agora modelos que tamén absorben escasa variabilidade. De feito, a comparación dos valores preditos de área queimada cos observados realmente entre os anos 2000 e 2017 –período en que se inclúen as crises de 2006 e 2017– mostrou unha sobreestimación dun 23 % na área queimada, o que é habitual ata agora con este tipo de predicións (Turco *et al.* 2018). Mentres tanto, o estudo de

Sousa *et al.* (2015) atopou para a rexión formada por unha franxa que inclúe a parte occidental do centro e o norte de Portugal e toda Galicia, agás Lugo, que a superficie queimada no período 2006-2075 podería estar entre dúas e cinco veces a do período de referencia (1981-2005), tendo en conta as proxeccións climáticas e asumindo que se mantiveron as tendencias da actividade humana, da loita contra os incendios e do uso da terra. Pola contra, Jiménez-Ruano *et al.* (2020), dentro dun estudo xeral sobre as tendencias da actividade de incendios na Península, predixeron para o período (2016-20536) un réxime de lume en Galicia similar, con dúas excepcións: o número de lumes no inverno, que tendía a aumentar, e os incendios de verán de tamaño medio-grande, para os que se esperaba un incremento.

En conxunto, os cambios atopados debuxan un cadro de elevada dificultade de extinción e no que o impacto nas edificacións, as infraestruturas, a vexetación e o chan, entre outros, aumentaría.

OS NOVOS INCENDIOS XA ESTÁN A CHEGAR: PREVISIÓNS DESBORDADAS

As proxeccións de perigo comentadas nas liñas superiores víronse excedidas por dúas novas situacións meteorolóxicas non ocorridas anteriormente en Galicia e norte de Portugal. Unha afectou ao centro-norte do país veciño e a outra a esa rexión e tamén a Galicia.

Os grandes incendios de xuño de 2017 en Portugal

Co seu ronsel de falecidos e destrución, estes incendios supoñen un exemplo de a que pode enfrontarse a nosa sociedade nos vindeiros anos. No informe do Parlamento de Portugal (Assembleia da República 2017) realizouse unha detallada análise do impacto das condicións meteorolóxicas no desenvolvemento deses incendios e no comportamento do lume. Aínda que non se entrou a avaliar directamente a influencia do cambio climático neses eventos, parece que este actuou sobre todo a través dunha seca anormalmente temperá, intensa e prolongada. Unha longa estación seca previa ao incendio e con temperaturas por encima da

media, como o que ocorreu en 2017, pode inducir un grao de estrés hídrico considerable na vexetación, un acusado descenso da humidade no solo e unha forte perda de auga nos combustibles mortos grosos, o cal fai que estea dispoñible para o lume máis cantidade destes (Resco de Dios 2020). Tamén pode aumentar a continuidade do combustible, ao romper as «barreiras naturais» creadas pola vexetación de valgadas e zonas húmidas, o cal permite unha maior expresión do efecto das variables meteorolóxicas (Fernandes *et al.* 2016b). Malia que estas últimas non chegaron a alcanzar valores extremos, resultaron elevadas. Con todo, foi a interacción incendio-atmosfera –coa creación de pirocumulonimbos e a súa posterior esborrallada– a causante dun comportamento do lume extremo –«tormenta de lume»–, con velocidades de propagación, potencia e crecementos da área queimada ata agora non vistos en Europa. A extensión, a continuidade e a cantidade de combustible (cambios na cuberta vexetal) e o seu baixo nivel de humidade –efecto do cambio climático– foron considerados determinantes para a xeración dunha alta intensidade, o que posibilitou o desenvolvemento de potentes pirocumulonimbos nunha atmosfera previamente inestable (Assembleia da República 2017).

Os grandes incendios de outubro de 2017 en Galicia e Portugal

Os incendios acontecidos do 14 ao 16 de outubro no centro de Portugal (Assembleia da República 2018) e en Galicia xeráronse nunha situación meteorolóxica moi lonxe do usual, xa que estiveron baixo a anómala influencia das alteracións meteorolóxicas creadas pola proximidade do ciclón *Ophelia*. Este furacán desprazouse desde o Atlántico leste, onde se orixinou, subindo en latitude e bordeando Portugal e Galicia. Produciu unha advección de ar quente e seco de África, que deu lugar a diversos períodos de alta temperatura, baixa humidade do aire e fortes ventos co efecto *foehn* de compoñente S-SW-SE. A este cadro hai que engadir o efecto dunha previa seca prolongada. Os valores dos índices de perigo en Vigo (Táboa 4) e Celanova (Táboa 5) para os días 14 ao 16 de outubro ilustran ben a situación. A maioría deles oscilan entre valores moi altos e extremos, e o efecto do vento o día 15 é máis pronunciado en Vigo. O índice FWI alcanzou valores extremos nos días 14 e 15, pero foi aínda alto o 16 en Ourense. Os valores dos índices DMC, DC e BUI reflicten o efecto da seca, máis pronunciada en Ourense.

Táboa 4. Valores ás 13:00 UTC de varios índices de perigo meteorolóxico de incendios calculados sobre a base dos datos da estación meteorolóxica de Vigo-Campus para os días que van do 14 ao 17 de outubro de 2017. Fonte: MeteoGalicia

	Día 14/10/2017	Día 15/10/2017	Día 16/10/2017	Día 17/10/2017
Precipitación, mm	0	0	1,2	13,6
CBEF	8,3	6,5	16,7	14,3
GFDM	6,3	4,9	16,8	14,3
FFDM	4,9	4,2	17,9	10,2
FFMC	95	95	78,5	58
ISI	12,5	36	1,3	1,1
BUI	126	132	133	74
DMC	83	87	87	44
DC	694	699	703	606
FWI	40	78	7	4

Táboa 5. Valores ás 13:00 UTC de varios índices de perigo meteorolóxico de incendios calculados sobre a base dos datos da estación meteorolóxica de Celanova para os días que van do 14 ao 17 de outubro de 2017. Fonte: MeteoGalicia

	Día 14/10/2017	Día 15/10/2017	Día 16/10/2017	Día 17/10/2017
Precipitación, mm	0	0	0	10
CBEF	6,1	5,9	9,1	10,7
GFDM	4,7	4,7	7,1	8,8
FFDM	4,1	4,1	5,4	6,2
FFMC	94	94	90,0	66
ISI	6,0	6,5	6,4	1
BUI	185	189	191	116
DMC	136	140	142	73
DC	723	730	734	700
FWI	39	49	27	5

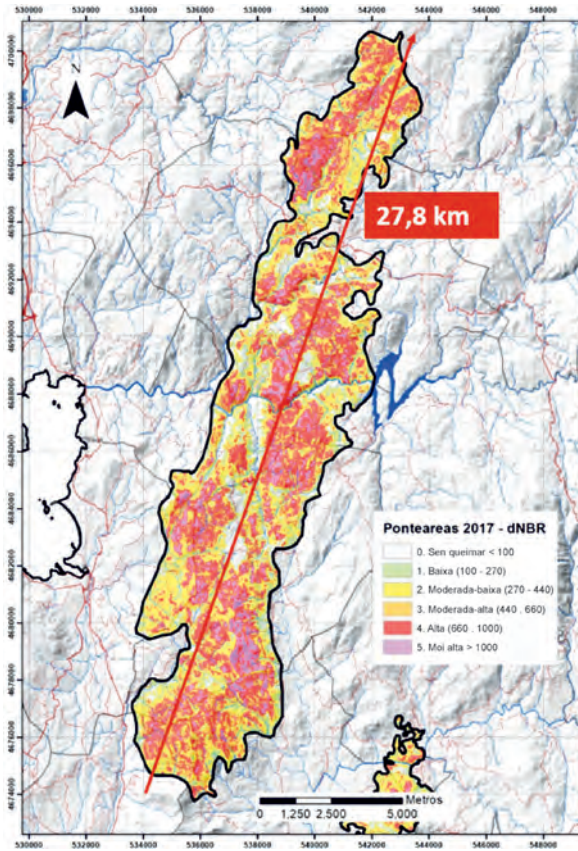
Especialmente grave foi a marcada simultaneidade de baixa humidade relativa e elevada temperatura do aire, en conxunción cunha alta velocidade do vento, entre as 14 e as 20 h do día 15 no sur da provincia de Pontevedra. Só nese día

houbo 124 ignicións en Galicia (Cela 2018), cun total de 247 incendios nos días 14, 15 e 16. No sur de Pontevedra, á media tarde do día 15 a humidade calculada do combustible fino morto estaba nun 6 % e a velocidade media do vento na estación meteorolóxica de Vigo-Campus roldaba 30 km/h, con refachos que oscilaban entre 40 e 78 km/h. Esta velocidade media foi superior ao percentil 97 da serie histórica entre 1973 e 2006 para o aeroporto de Vigo. Os lumes estenderonse a gran velocidade, principalmente conducidos polo vento. En varias simulacións feitas con modelos de combustible de eucaliptais da zona, con moderada carga de matogueira, para unha pendente do 20 % (Arellano *et al.* 2017), calculáronse nesas horas velocidades de propagación de entre 1 e 2 km/h, que xeraban potencias lineais, na cabeza dalgúns destes incendios, superiores a 20 000 kW/m. A velocidade resultou entre tres e cinco veces menor nas plantacións de eucalipto nas que se mantén o sotobosque tratado, e a potencia entre catro e sete veces inferior. Os valores indicados son compatibles cos observados polo Servizo de Prevención e Defensa contra Incendios Forestais de Pontevedra (Francisco, comunicación persoal, 2019) no incendio de Padróns-Pontearreas e consistentes coa velocidade media de propagación do lume para a totalidade dese incendio, de arredor de 12m/min (Cela, 2018).

No caso dos piñeirais, cos cálculos que se elaboraron segundo os modelos citados, prognosticáronse para os latizais frecuentes carreiras de lume de copa con velocidades considerablemente altas, de arredor de 3 km/h, e potencias lineais na cabeza do incendio que excedían os 35 000 ou 40 000 kW/m. Mentres tanto, nos fustadíos, principalmente cun sotobosque de frouma e fento, eses valores variaron entre 0,3 e 0,6 km/h, cunhas potencias lineais entre 6 e 25 veces máis baixas. Por último, para toxeiros de 1 m de altura e pendentes do 20 %, as velocidades calculadas estiveron entre 2 e 3 km/h, con potencias de, polo xeral, entre 20 000 e 30 000 kW/m. Obviamente, a maioría desas situacións quedaron fóra da capacidade de extinción dun ataque ampliado frontal. A pronunciada inclinación da columna de convección observada durante a mañá e a tarde do día 15 indicou unha propagación dominada polo vento (Rothermel 1991). Isto concorda con outros cálculos comparativos efectuados sobre a potencia do vento e a do lume (Byram 1959b, Nelson 1993), nos cales a maior parte do tempo dominou a primeira delas, e coa forma da área queimada (Figura 7). En conxunto, aínda que se desenvolveron pirocumulonimbos en determinados momentos,

non adquiriron as dimensións dos orixinados nos incendios de xuño en Portugal nin se produciu a esborrallada deles. Algúns dos incidentes de Galicia estiveron na categoría 2, de incendios extremadamente grandes (>2500 ha), suxerida por Fernandes *et al.* (2014).

Por outra banda, moitos destes incendios da zona oeste galega xeraron escenarios en que predominou unha severidade do lume moderada (Figura 7), en principio non esperable, dada a elevada intensidade lineal do incendio e a sequidade do solo. Esta resposta produciuse por propagarse o lume sobre todo a través de eucaliptais, que, debido á elevada altura media da base da copa, non resultan tan propicios para o lume copa como os piñeirais. Ademais, algunhas zonas de eucaliptal eran de plantacións ben xestionadas, con combustibles do estrato superficial tratados, o que restou potencia ao lume. De calquera forma, o rápido avance do lume, propiciado pola emisión de faíscas –máis frecuentes en eucaliptais– e a creación de numerosos focos secundarios, logo da súa aterraxe e da ignición duns combustibles sumamente secos, deixou numerosas «illas verdes» pequenas sen arder. Por exemplo, na Figura 7 pódese ver que a porcentaxe da área non queimada dentro do perímetro da área cuberta polo lume foi 11,9 %, e un 22,8 % a suma do anterior e dunha severidade baixa, mentres pouco máis da metade da superficie afectada polo lume (55,8 %) tivo unha severidade alta e moi alta. Estas cifras foron moi similares para todos os incendios daqueles días na provincia de Pontevedra (Picos *et al.* 2019) e aínda Ourense (Chas-Amil *et al.* 2020), que xeraron áreas queimadas con severidade baixa a moderada na súa maioría. Ademais, a alta velocidade do lume deu lugar a unha penetración da calor no solo menor que noutros incendios máis lentos. Iso resulta nunha severidade do lume nos estratos orgánicos e o solo superficial inferior á esperada nun principio a teor da baixa humidade do humus e do solo, reflectidos polos indicadores DMC e DC. De feito, Sobrino *et al.* (2019) observaron que a severidade media do lume nos solos do incendio de Padróns-Ponteareas (Pontevedra), medida en áreas onde a severidade do lume na vexetación foi moi alta-extrema, tivo un valor medio moderado.



IF Padróns - Ponteareas
Día inicio: 15/10/2017
Hora inicio: 00:26
Superficie = 8892 ha

Porcentaxe de superficie queimada para cada nivel de gravidade

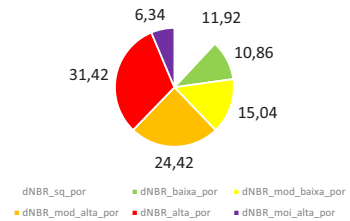


Figura 7. Imaxe da severidade do lume no incendio de Padróns, en Ponteareas (Pontevedra), mediante o índice espectral dNBR obtido de información do satélite Landsat-8, e porcentaxe da área queimada afectada polos diferentes niveis de severidade do lume. sq= sen queimar, baixa= baixa severidade, mod. baixa= severidade baixa a moderada, mod. alta= severidade moderadamente alta, alta= severidade alta, moi alta= severidade moi alta

O CAMBIO CLIMÁTICO NO POSTINCENDIO

Varias consecuencias dos incendios poden verse magnificadas ou reducidas polas alteracións climáticas, aínda que, como se indicou, subsiste unha elevada incerteza respecto ás tendencias de moitos dos parámetros climáticos. A subida da temperatura media en arredor de 1,5 °C cara á metade do século actual en

Galicia, xunto a un descenso das precipitacións na primavera (Martínez de la Torre e Míguez Macho 2009), implicaría unha maior sequidade na vexetación, o que propiciaría un estrés hídrico nela. Este induciría unha maior mortalidade directa da vexetación causada polo incendio e o seu enfraquecemento que podería afectar á súa capacidade de recuperación postincendio (Resco de Dios 2020). Tamén o recrutamento de novos individuos, a partir de semente e mesmo de cepa, podería verse prexudicado, o cal limitaría a rexeneración natural da vexetación despois do incendio (Vega 2003). Este descenso da resiliencia da vexetación ao lume, debido ao cambio climático, é considerado un perigo crecente en moitos ecosistemas (Stevens-Rumman *et al.* 2018). A conxunción de maior aridez poslume, tras lumes máis frecuentes, podería inducir á perda da cuberta arbórea e favorecer un proceso de conversión en matogueiras, como é evidente xa en moitos lugares de Galicia (Regos *et al.* 2014) e foi ben documentado noutras partes da Península (Pausas 1999, Díaz-Delgado *et al.* 2002, Lloret *et al.* 2003, Rodrigo *et al.* 2004, Espelta *et al.* 2008, Moreira *et al.* 2011, Taboada *et al.* 2017, Fernández-García *et al.* 2019, Baudena *et al.* 2019). Ao mesmo tempo, a sequidade máis alta da cuberta orgánica e o solo antes do incendio propiciaría unha maior gravidade do impacto do incendio no solo (Fernández Filgueira *et al.* 2013, Vega *et al.* 2013a e 2013b, Fontúrbel *et al.* 2017a, García-Oliva *et al.* 2018, Merino *et al.* 2018), coas consecuencias de maior degradación e maior susceptibilidade á erosión pluvial tras o incendio en Galicia (Fernández e Vega 2016a). A xestión da vexetación queimada ten tamén repercusión na súa rexeneración (Vega *et al.* 2008 e 2010a, Fernández *et al.* 2008, Fernández e Vega 2016b) e podería reforzarse o seu efecto debido ao clima posterior ao lume.

Con todo, as proxeccións climáticas non son conclusivas respecto á futura distribución da choiva no outono en Galicia. Así, mentres Cruz *et al.* (2009) apuntaron a un incremento da choiva outonal, concentrada en menos días, Álvarez *et al.* (2011 e 2012) presentaron un cadro máis impreciso. Se o cambio global promove un maior crecemento, non planificado, da interface urbano-forestal, é probable que nos próximos anos o risco de danos hidrolóxicos postincendio á poboación sexa máis elevado.

AIGUNHAS CONSIDERACIÓNS E PROPOSTAS DE ADAPTACIÓN AO NOVO ESCENARIO

Factores do cambio global como o crecemento e continuidade da superficie forestal, a expansión das especies produtivas inflamables e as matogueiras, o absentismo do silvicultor e o abandono da actividade agraria foron actuando en Galicia desde hai xa bastantes décadas. Mentres tanto, aínda que a vexetación arbórea autóctona, pouco inflamable, tamén aumentou nese período, continuou presentando unha superficie fragmentada e insuficiente para influír, a nivel da paisaxe, na ralentización da propagación do lume nos grandes incendios. Polo que respecta ao cambio climático, a información comentada mostra que se foron producindo, polo menos desde principios dos setenta, un adianto e unha maior duración da época de perigo de incendio en Galicia, asociados a un empeoramento nas condicións meteorolóxicas, que afectan ao comportamento e efectos do lume. O resultado foi un progresivo incremento da facilidade para a propagación do lume e da potencia dos incendios, o cal, unido aos cambios socioeconómicos habidos, fixo crecer o perigo para a poboación e aumentar a gravidade dos danos causados. A isto cabe engadir a maior recorrencia do lume en numerosas áreas forestais, que intensificou eses impactos e dificultou a rexeneración natural dos ecosistemas afectados, que viña sendo anteriormente boa, en xeral, en Galicia. O resultado desa recorrencia foi a transformación de numerosas áreas forestais de fustadíos en latizais e en matogueiras, implicando non só unha perda de recursos senón tamén a miúdo a degradación dos servizos ecosistémicos proporcionados polas formacións arbóreas (Vega, 2003) e un maior perigo dos combustibles. Esta situación pode agravarse no futuro, polas probables condicións máis adversas para a rexeneración postincendio, debido ao cambio climático, e a persistente tendencia a diminuír o período de retorno do lume en moitos montes galegos.

Os efectos do cambio global gañaron en visibilidade desde ao redor de 2006, debido a que as mudanzas nos combustibles e na interface urbano-forestal estaban moi consolidadas e, sobre todo, a que nos momentos de condicións meteorolóxicas máis desfavorables as pautas de ignición humana foron máis agresivas. Dado que unha das características do cambio climático é o incremento esperado dos eventos meteorolóxicos extremos (Jentsch e Beierkuhnlein 2008, Planton *et*

al. 2008, Smith 2011, IPCC 2014), desafortunadamente cabe esperar que os episodios de incendios como o sufrido en outubro de 2017 poidan ser máis frecuentes no futuro.

Ata agora o sistema de protección contra incendios forestais puido facer fronte nun tempo moi breve á gran maioría das situacións en Galicia. Con todo, existe incerteza respecto a se nos decenios vindeiros vai dar afrontado con éxito as consecuencias dun incremento sostido das condicións que propician un novo tipo de incendios, non só de grande extensión, senón tamén de comportamento moito máis virulento –e con episodios de forte simultaneidade de focos–, afectando áreas densamente poboadas, problema común a moitas rexións e países (Piñol *et al.* 2007, Podur e Wotton 2010, Moreira *et al.* 2011, Rodrigues *et al.* 2019a). Non obstante, é importante subliñar que ningún sistema de extinción existente no mundo pode facer fronte con éxito inmediato aos eventos de comportamento extremo do lume forestal, como os ocorridos en 2006 e 2017 en Galicia. Ante condicións meteorolóxicas extremas, os sistemas de extinción ou non poden operar ou son sistematicamente desbordados temporalmente (Brotons *et al.* 2013, San Miguel-Ayanz *et al.* 2013, Fernandes *et al.* 2016c, Tedim *et al.* 2018, Rodrigues *et al.* 2019b e 2020). Aínda máis, xunto a un escenario caracterizado pola conxunción dun cadro climático desfavorable, con combustibles perigosos e en cantidades altas, e dentro dun complexo e cambiante escenario socioeconómico, temos en Galicia outros agravantes que enfrontar. Por unha banda, hai moitas ignicións de accións incendiarias e negligencias, coincidentes con condicións meteorolóxicas extremas, e, por outra, subsisten tensións e conflitos non resoltos entre parte dos actores involucrados. No seu conxunto, o anterior non resulta o panorama máis favorable para encarar de maneira satisfactoria un problema crónico que, a partir de agora, corre o risco de facerse máis dificilmente gobernable.

En moitas rexións do mundo cun problema similar estase asumindo que son necesarias modificacións moi notables na estratexia da xestión do lume, en xeral, e de loita contra os incendios forestais, en particular, para adaptarse a un novo escenario de cambio global (Moritz *et al.* 2014, Olson *et al.* 2015, Thompson *et al.* 2015 e 2019) e iso é tamén necesario en Galicia. Mesmo así, non podemos perder de vista un aspecto esencial na nosa situación particular: as condicións meteorolóxicas desfavorables son necesarias para que se produzan

os megaincendios, pero non son suficientes. Na maioría das veces requírese a intervención humana para conseguir crealos. Dado que a frecuencia de episodios meteorolóxicos extremos é probable que aumente no futuro, o problema das ignicións, e particularmente das coincidentes cos eventos meteorolóxicos extremos, as «vagas de lume», é un problema de envergadura ante o que a nosa sociedade necesita reaccionar, mellorando a investigación de causas e solucionando os conflitos existentes que poidan facilitar comportamentos asociais. Porque non pode esquecerse que hai un trazo moi preocupante nos novos megaincendios do século XXI en Galicia. Durante a década dos noventa superáronse os dez mil incendios en varios anos e a superficie queimada máis grande tivo lugar en 1989, cunhas 198 000 ha, pero ardeu maioritariamente nas zonas de monte e non se produciron crises como as do 2006 e o 2017, nas que se tivo un número de incendios bastante menor pero con moitos máis danos e alarma á poboación. Unha diferenza substancial entre estas dúas situacións coa precedente de 1989 estivo na concentración espacial dos lumes e no elevado nivel de impacto na interface urbano-forestal nos dous episodios máis recentes, coincidindo con condicións meteorolóxicas graves (Balsa-Barreiro e Hermosilla 2013, Boubeta *et al.* 2015, Chas-Amil 2007). Por exemplo, nos incendios de 2017, Chas-Amil *et al.* (2020) determinaron que máis de 80 000 edificios e 85 000 persoas estiveron a menos dun km dun incendio. Ese aumento do número de persoas expostas ao lume introduce un novo elemento na estimación do risco da poboación durante o incendio, o que xera moita complexidade na tarefas de extinción, e tamén na avaliación dos impactos do incendio. Require tamén unha nova cultura na poboación en termos de autoprotección e de mellor comprensión do risco dos lumes, e tamén de novos consensos sociais.

Dado o carácter de risco sistémico do incendio forestal en Galicia, fai falta unha visión transdisciplinar que considere ese risco dunha maneira máis integral (Ager *et al.* 2015 e 2017, Paton *et al.* 2015, Tedim *et al.* 2015, 2016 e 2019, Thompson *et al.* 2019), en conexión cos diferentes usos da terra, e onde os aspectos socioeconómicos e ecolóxicos sexan máis tidos en conta. Medidas «transversais» que coordinen accións preventivas entre organismos públicos con competencias no territorio son requiridas con urxencia. Iso significa que a prevención ten que estar no substrato de moitas accións legislativas e de xestión diaria.

Moitos países están enfrontándose a situacións similares de risco sistémico, debido a incendios forestais, nestes últimos anos. Iso está a implicar a necesidade de cambios de estratexias na resposta aos lumes, non só na extinción dos incendios senón tamén na nosa consideración do lume cunha perspectiva máis ampla. Un verdadeiro cambio de paradigma está a ser preconizado desde a ciencia, que supón pasar dun baseado moi principalmente na loita contra o incendio a outro fundamentado nunha visión máis integral do lume, a súa conexión coa sociedade, e na adaptación á nova situación global (Tedim *et al.* 2019, Tedim e Leone 2020). Iso implica que tanto a sociedade como as organizacións de xestión de incendios deben colaborar máis estreitamente nesa resposta, comprender mellor o papel ecolóxico do lume e aceptar que a erradicación do lume non só non é posible senón que non é desexable ecoloxicamente. Iso representa un reto moi forte. En casos como o de Galicia, onde persiste un elevado número de ignicións e de intencionalidade non suficientemente aclarada en moitos lumes, requírese tamén un esforzo adicional para manter un dispositivo de extinción forte e profesionalizado ao tempo que as outras consideracións dos lumes precisan, así mesmo, unha atención moi especial.

A nova aproximación parte de que é preciso comezar por aceptar que nas rexións densamente habitadas desde a antigüidade e, polo tanto, onde o ambiente «natural» estivo, e continúa a estar, profundamente alterado e xestionado polo home, constitúen, de feito, sistemas humanos-naturais asociados (Liu *et al.* 2007). Iso significa que estes complexos sistemas socio-ecolóxicos ou socio-ambientais caracterízanse por estar fortemente conectados, de xeito que as accións dunha parte afectan fortemente á outra (Liu *et al.* 2007, Prior e Eriksen 2013, Butsic *et al.* 2015). Máis aínda, as rexións propensas ao lume son consideradas un exemplo paradigmático de desaxustes neses sistemas (Spies *et al.* 2014, Steelman *et al.* 2016). Este é o caso de Galicia, cos trazos xa comentados. Esa situación é ás veces considerada como unha disfuncionalidade ou patoloxía socio-ecolóxica (Fischer *et al.* 2016). Esixe, por unha banda, cambios adaptativos das organizacións con responsabilidade de xestión territorial e na xestión do lume, baseada ata agora na extinción, e, por outra, da sociedade no seu conxunto e dos individuos.

Actualmente hai un amplo consenso científico sobre a necesidade de adaptarse á nova situación creada polo cambio global e corrixir a difuncionalidade na

relación entre a sociedade e o lume, o que implica aprender a convivir co lume (p. ex. Birot 2009, Moritz *et al.* 2014, Rego e Silva 2014, North *et al.* 2015, Tedim e Leone 2017, Schoennagel *et al.* 2017, Dunn *et al.* 2020), entre outras modificacións de estratexia. Este consenso debe tamén chegar gradualmente á sociedade, aos organismos que xestionan o territorio e ás organizacións implicadas na xestión dos incendios. A súa materialización é, con todo, complexa (Howitt 2014), xa que require cambios de mentalidade na poboación (Edwards e Gill 2016, Hamilton *et al.* 2018), líderes políticos e na estratexia do sistema xeral de xestión de incendios, e non está exenta de dificultade (North *et al.* 2015, Tedim *et al.* 2019, Hamilton *et al.* 2019, Steelman 2016, Thompson *et al.* 2015, Finney 2020).

Nese sentido, é necesario mellorar a comunicación do problema á sociedade, para propiciar unha comprensión máis real da situación vindeira, promovendo unha maior responsabilidade no uso do lume, así como o desenvolvemento dunha cultura de autoprotección. É moi importante crear unha sociedade consciente e informada dos riscos asociados ao lume, e autoprotexida, pero que ao mesmo tempo conte co lume como un elemento máis do sistema socio-ecolóxico no que está inmersa, que se sinta concernida co problema e contribuínte activa nas decisións tomadas polos xestores públicos (Everett 2002, Tábara *et al.* 2003, Hernando *et al.* 2012, McCaffrey *et al.* 2013, Marino *et al.* 2014, Tedim *et al.* 2016 e 2019). É preciso, polo tanto, facilitar a participación social e o consenso político sobre o tema porque, en definitiva, se trata dun problema colectivo complexo, que ten as súas raíces na nosa sociedade e lle corresponde a ela o principal papel na súa resolución (Tedim *et al.* 2015 e 2016, Bruña e Marey 2013 e 2017, Marey *et al.* 2015).

Así mesmo, necesitamos que esas ideas se transfiran no eido educativo a todos os niveis (Pardellas *et al.* 2018). Por exemplo, os contidos actuais dos textos escolares parecen estar contribuíndo pouco a un axeitado enfoque dos incendios. De feito, só transmiten unha imaxe negativa do lume. A miúdo mostran un moi baixo nivel de coñecementos ecolóxicos e técnicos e mesmo tendenciosos, con ideas despectivas sobre a actividade forestal produtiva, e desconectados da realidade social. Iso parece irónico nunha comunidade como Galicia, onde o conxunto da actividade industrial asociada ao sector forestal representa a terceira achega máis importante ao valor engadido bruto (VEB) industrial galego, e o

sector forestal un importante xerador de emprego (Picos 2018). A necesidade de entender que o lume desempeña un papel ecolóxico e que os seus efectos teñen aspectos positivos e negativos, diferenciar os efectos ambientais dos incendios de alta severidade dos do uso correcto do lume, aprender a convivir co lume e aceptar que maioría dos incendios forestais non son unha emerxencia son algúns exemplos de aspectos relativos aos lumes que necesitan ser transmitidos correctamente á sociedade. Os medios de comunicación poden desempeñar así mesmo un papel moi importante, axudando a crear unha cultura do lume máis axustada á súa realidade dual, que hoxe é considerada a máis axeitada no eido científico. Un bo nivel de preparación dos profesionais dedicados á transmisión da información relacionada cos incendios é decisivo, dada a súa forte influencia na resposta da poboación ao lume. Tamén un esforzo por utilizar fontes obxectivas (Xanthopoulos 2008, Delgado Arango *et al.* 2018). Ao mesmo tempo, a Administración debe contar con equipos profesionais que comuniquen a información relativa aos lumes forestais con coñecemento, transparencia e rapidez.

Crear espazos «defendibles» ao redor dos núcleos habitados e velar polo seu mantemento e operatividade son, sen dúbida, labores urxentes e necesarios para a protección da vida humana e infraestruturas, pero eses espazos deben establecerse con criterios flexibles que permitan modular as súas características en función do risco local (Elia *et al.* 2014). O seu deseño, xestión e especialmente o seu mantemento supoñen importantes retos, non só económicos senón de transformación da paisaxe e recuperación de usos alternativos da terra (Moritz *et al.* 2014). Por outra banda, é preciso fomentar a responsabilidade e a cooperación dos propietarios forestais e institucións e diversos grupos sensibilizados para desenvolver unha xestión silvícola adecuada que reduza a ameaza actual duns combustibles parcialmente descontrolados. Sería necesario incentivala con axudas ao asociacionismo e ao emprendemento (Chas-Amil *et al.* 2015, Parlamento de Galicia 2018, Fischer e Charnley 2012, Alló e Loureiro 2016). No caso de Galicia, con multitude de pequenas propiedades abandonadas, onde os combustibles supoñen un elevado perigo para as zonas circundantes, son necesarias medidas que faculden á Administración para velar pola protección do conxunto da sociedade.

O apoio da ciencia na xestión do lume (Pyne 2007), axudándoa a conectar mellor coas necesidades sociais e económicas da comunidade (FAO 2008, 2011

e 2012), é tamén moi necesaria (Thompson *et al.* 2015 e 2018, Dunn *et al.* 2020).

Precísase con urxencia, na xestión do lume forestal, combinar o paradigma da extinción *sempre e incondicional* co dunha prevención máis activa e participativa, para ir definitivamente potenciando a segunda. Iso tería que realizarse no marco dunha ordenación de usos do territorio máis integrada que a ata agora, levada a cabo de xeito moi sectorial (Collins *et al.* 2013). Non obstante, ese cambio ten que efectuarse progresivamente en territorios como Galicia e, á vista dos resultados, mentres subsista un número elevado de lumes incontrolados.

O tema dos incendios é o suficientemente complexo como para que non se poidan establecer receitas sinxelas e xerais. Unha gran cantidade de achegas e propostas están emerxendo nos últimos anos respecto á mellor estratexia que seguir fronte aos incendios do cambio global, vindo tanto de organismos públicos como de grupos de investigación (p. ex. Wildland Fire Leadership Council 2014, European Commission 2018, Comité de Lucha contra Incendios Forestales 2019, Tedim *et al.* 2019, Alcasena *et al.* 2019, Bowman *et al.* 2020, Moreira *et al.* 2019). A título de exemplo, na Figura 8 indícanse os principais campos de accións que acometer antes, durante e despois do incendio suxeridos pola proposta de Tedim *et al.* (2019). Está baseada nos principios de xestión do risco, aceptación do papel ecolóxico do lume e a participación social; defende o cambio de paradigma, desde *loitar contra o lume a progresar co lume*.

Na situación de Galicia, unha estratexia baseada no uso combinado da protección total en áreas críticas, restauración parcial ordenada do uso do lume e unha extinción matizada, na liña do recomendado por Pyne (2015), podería presentar problemas, dada a presión demográfica e o alto número de ignicións de causa descoñecida. A implementada actualmente nos Estados Unidos de Norteamérica, consensuada entre organismos públicos, organizacións non gobernamentais e comunidades (Figura 9), supón un cambio notable aínda que está presentando dificultades e atrancos para a súa plena implementación. Alcasena *et al.* (2019) suxeriron unha aproximación similar para o NE de España. Nun escenario social, cultural e bioxeográfico máis próximo a Galicia, Moreira *et al.* (2019) defenden para Portugal un cambio da extinción pola mitigación e adaptación, aceptando a inevitabilidade do lume no contexto de cambio global. Eles propoñen reequilibrar os gastos entre as accións de apagar o lume e reducir



Figura 8. Accións principais que desenvolver antes, durante e despois do incendio segundo a proposta de cambio de paradigma na xestión dos incendios forestais, segundo Tedim *et al.* (2019)

os impactos sociais e ecolóxicos negativos dos incendios de alta severidade. Aquí, mitigación refírese ás accións anticipativas (preventivas no sentido amplo) dos efectos negativos dos incendios. A súa proposta baséase en dous puntos clave. O primeiro busca promover cambios no territorio que o fagan menos vulnerable e máis resiliente, baseado nas ideas de «paisaxes intelixentes» (Hirsch *et al.* 2001, Fernandes *et al.* 2013, Tedim *et al.* 2016, Castellnou *et al.* 2019, onde os cultivos agrícolas, o pastoreo e o silvopastoreo crean discontinuidades nos combustibles a escala de territorio. O segundo céntrase en reducir o risco para os humanos e as infraestruturas, mediante tratamentos de combustible estratéxicos (Ager *et al.* 2010 e 2017). Ás infraestruturas habería que engadir en Galicia certos servizos ecosistémicos críticos, como a calidade da auga e a conservación dos solos, entre outros.

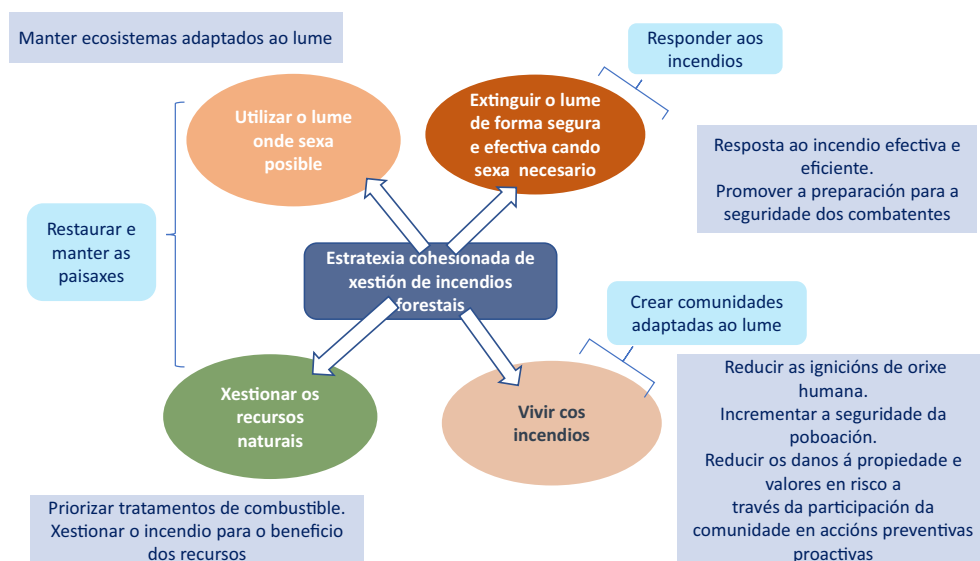


Figura 9. Os catro eixes directrices da actual estratexia cohesionada nacional de xestión dos lumes forestais nos Estados Unidos de América (Wildland Fire Leadership Council 2014).
En azul claro os obxectivos principais. En gris claro os principais desafíos

O Comité de Lucha contra Incendios Forestales, un marco de coordinación que agrupa aos organismos de defensa contra incendios das comunidades autónomas en España, propuxo recentemente (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2019) unha nova estratexia baseada en seis obxectivos (Figura 10). Pódese ver que considera a maioría dos principios comentados liñas máis arriba.

A volta a un mosaico agroforestal de usos tradicionais da terra parece desexable desde o punto de vista da defensa contra lumes catastróficos e inscríbese no contexto de «paisaxes intelixentes». Foi proposta hai algúns anos (Loepfe *et al.* 2010) e máis recentemente amplamente preconizada (Fernandes *et al.* 2014, Castellnou *et al.* 2019, Aquilué *et al.* 2020, Campos *et al.* 2020, Moreira *et al.* 2019, Pais *et al.* 2020), máis ou menos asociada a unha proposta de nova agricultura de alto valor cultural e máis respectuosa co medio natural. Por exemplo, no incendio catastrófico de Pedrogão Grande (Portugal), Tedim *et al.* (2018) detectaron que as manchas de terreo non queimadas correspondían principalmente a zonas onde a interface urbano-forestal e a vexetación coexistían. A maioría destas

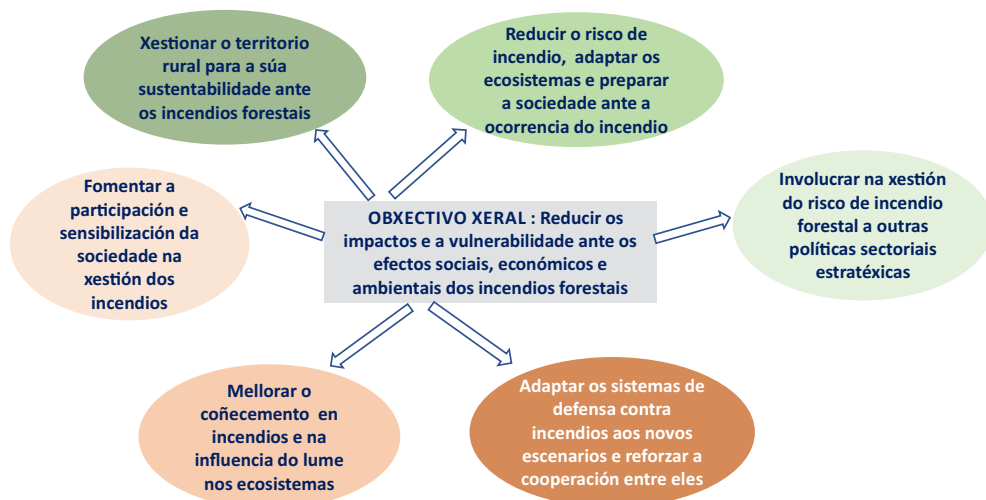


Figura 10. Obxectivo xeral e parciais da estratexia de xestión dos incendios forestais proposta polo Comité de Lucha Contra Incendios Forestales (MAPA, 2019)

zonas constaban de asentamentos humanos rodeados de terras agrícolas, ás veces asociadas a pequenas masas de caducifolias, tamén a pequenas manchas de plantacións de eucalipto moi novas e de especies caducifolias próximas aos ríos. Esas manchas non queimadas atopáronse menos frecuentemente en plantacións adultas de eucalipto. A menor área queimada nas zonas agrícolas foi a interface urbano-agrícola e a interface de cultivos con especies caducifolias, un feito ben comprobado en numerosos países do noso contorno (Nunes *et al.* 2005, Bajocco e Ricotta 2008, Moreira *et al.* 2009 e 2011, Carmo *et al.* 2011, Oliveira *et al.* 2014) e tamén en Galicia (Calviño-Cancela 2014, 2016 e 2017, Picos *et al.* 2019). Iso é debido principalmente á conxunción de menor carga e conectividade de combustibles existentes, menor inflamabilidade e maior humidade nas zonas onde esa vexetación medra. Tamén pola maior rapidez e facilidade de intervención e concentración dos recursos de extinción nelas.

Aínda que as tendencias do cambio global non parecen favorecer un retorno da poboación ao rural e a reactivación dos usos tradicionais, unha reordenación e diversificación deses usos da terra, incluíndo pastoreo controlado, cultivos agrícolas e aproveitamento de recursos diversos, podería ser de grande axuda.

Trataríase de apoiar e desenvolver unha bioeconomía forestal (European Forest Institute 2019) e manter e expandir as actuais devasas formadas arredor dos núcleos habitados (as chamadas faixas secundarias de xestión de biomasa) coa inclusión de cultivos e pasto (Moreira *et al.* 2009, Moreira e Pe'er 2018, Pais *et al.* 2019) que axudasen á súa rendibilidade. Non obstante, non se pode esquecer que a interface agrícola-forestal adoita ser unha zona de alta frecuencia de incendios en toda Europa (Ganteuame *et al.* 2013), na Península Ibérica (Catry *et al.* 2009, Martínez *et al.* 2009, Martínez-Fernández *et al.* 2013, Ortega *et al.* 2012) e tamén en Galicia (Chas-Amil *et al.* 2010, 2013 e 2020, Barreal e Loureiro 2013, Barreal *et al.* 2012, Prestemon *et al.* 2012, Rodrigues e De la Riva 2014, Rodrigues *et al.* 2019). Polo tanto, esas actuacións teñen que vir da man doutras complementarias que desactiven conflitos previos sobre o uso da terra. Iso parece particularmente necesario en Galicia, dada a tradición de recorrer ao lume como expresión de conflitos e a persistencia dunha alta proporción de lumes de causa descoñecida que suxire a existencia de conflitos non resoltos.

É importante decatarse de que a nova situación require actuar sobre os combustibles a escala da paisaxe xa que é o escenario onde resulta esencial alterar a conectividade dos combustibles (Viedma *et al.* 2009, Ager *et al.* 2017, Alcasena *et al.* 2019, Martín-Martín *et al.* 2013, Salis *et al.* 2018, Sil *et al.* 2019, Palaio-logou *et al.* 2020) para poder influír en incendios como os dos eventos extremos, que desenvolven tamén unha dinámica de propagación a grande escala, cunha enorme potencia e que posiblemente tenderán a incrementarse cada vez máis, probablemente involucrando de forma crecente áreas habitadas. Iso esixe accións transversais de coordinación de diferentes departamentos da Administración e priorización dos criterios de prevención de incendios nas diferentes actuacións levadas a cabo por eles.

No ámbito forestal máis estrito, o das masas arbóreas, nin toda a silvicultura pode virar arredor do problema dos incendios nin pode facerse de costas ao lume (Vega 2015). En calquera caso, tórnase imperativo polo menos un aumento substancial dos tratamentos preventivos en superficies «estratéxicas», é dicir, aquelas onde as intervencións poden servir de axuda efectiva na defensa doutras de gran valor ou potencien a capacidade de extinción do lume. Producíronse numerosas achegas sobre este tema nestes últimos anos (p. ex. Finney 2001, Schmidt *et al.* 2008, Wei 2012, Wei *et al.* 2008, Ager *et al.* 2010 e 2017,

Alcasena *et al.* 2015, 2018 e 2019, Thompson *et al.* 2013 e 2016, Salis *et al.* 2016, Madrigal *et al.* 2018, Quílez *et al.* 2020). Iso ofrecería tamén mellores oportunidades para unha extinción máis segura e eficaz (Rodríguez e Silva *et al.* 2014, Thompson *et al.* 2016 e 2019, Picos 2018, González-Olabarría *et al.* 2019, Quílez *et al.* 2020). O gran reto é planificar e executar esas áreas e especialmente mantelas operativas nun clima como o de Galicia, de alto crecemento da vexetación. Tamén artellar unha resposta unitaria en multitude de pequenas fraccións de terra de propiedade particular (Fischer e Chandley 2012, Parlamento de Galicia 2018). A utilización da silvopascicultura (Rigueiro *et al.* 1999, 2002 e 2009, Mosquera *et al.* 2005, 2018a e 2018b), coa mestura de especies forestais e pratenses, e o uso do gando poderían ser ferramentas eficaces no control da excesiva acumulación de vexetación, tanto en zonas de arboredo como en matogueira. Tamén tratamentos como a queima prescrita (Vega *et al.* 1994, 2000b, 2001 e 2010b, Vega e Vélez 2000, Fernandes 2015 e 2018, Fernandes e Botelho 2003, Marino *et al.* 2012, Fernandes *et al.* 2013) e trituración ou roza selectiva poderían combinarse cos anteriores coa mesma finalidade (Fernández Filgueira *et al.* 2012, 2013a, 2013b, 2013c, 2013d e 2015, Fontúrbel *et al.* 2017b, Lasanta *et al.* 2018, Ruiz-Mirazo *et al.* 2011). Así mesmo, a extracción de biomasa con fins enerxéticos (Madrigal *et al.* 2017), alén da mestura das masas forestais con cultivos, a agroforestería (Smith 2010, Kay *et al.* 2019, Daminaidis *et al.* 2020), os novos aproveitamentos e revaloración da economía do carbono, a mellora de biodiversidade e doutros servizos ecosistémicos e intangibles forestais. Todo iso en liña coa nova visión da bioeconomía forestal (Wolfslehner *et al.* 2016, Laakonen *et al.* 2018, Ludwig *et al.* 2019, Ilaria *et al.* 2020).

As plantacións de eucalipto son invocadas ás veces como coadxuvadoras ao elevado número de incendios forestais en Galicia (Cordero 2017). Aínda que se necesitan máis estudos para verificar esa cuestión, Marey (2019) argumentou recentemente que o 70 % das parroquias catalogadas polo Pladiga (Xunta de Galicia 2019) como de alta actividade incendiaria (polo seu alto número de incendios nos 5-7 anos precedentes e a gran superficie queimada nos 10 anos inmediatamente precedentes) non ten ningunha superficie plantada de eucalipto. Ademais, naquelas en que hai eucalipto, a superficie ocupada por este non excede o 8 % da superficie da parroquia. Independentemente do anterior, nas

200 parroquias de Galicia que teñen máis do 50 % da súa superficie cuberta de eucaliptais, a media do número de incendios nos últimos 10 anos foi bastante baixa (2,59 incendios por parroquia) e no 30 % delas non se produciu ningún incendio nos últimos dez anos, a pesar de que existiron todos os anos períodos de alto risco que facilitarían a ignición e propagación do lume. Tamén, unha recente investigación en Portugal, con características bioclimáticas e socioeconómicas similares a Galicia (Fernandes *et al.* 2019b), concluíu que non se puido demostrar que a expansión do eucalipto, ocorrida basicamente entre 1980 e 2017, fose influente no incremento da área queimada no país nese período. De feito, o tamaño de incendio durante ese período foi independente da composición das masas forestais ardidas. As variables que explicaron máis variabilidade interanual na área queimada foron, por esa orde, o perigo meteorolóxico, o número de lumes < 1 ha, a presenza de episodios de inestabilidade atmosférica moi pronunciada e a área queimada acumulada nos seis anos anteriores.

Coma outras moitas especies forestais e de matogueira, os piñeiros e eucaliptos, principais especies dos montes repoboados galegos, son inflamables, pero o comportamento do lume pode ser moi diferente nas súas plantacións, dependendo da estrutura das masas. Esa variable ten un efecto xeralmente máis pronunciado que a especie no comportamento do lume (Fernandes, 2009, Fernandes *et al.* 2019, Arellano *et al.* 2017), exceptuando as caducifolias, cunha menor inflamabilidade, no sentido amplo do termo. Por exemplo, os poboamentos forestais xuvenís son máis propensos aos lumes de copa, independentemente da especie, dada a menor altura da copa e a maior cantidade de mato no sotobosque, asociada a esa etapa de desenvolvemento. Así, Fernández-Alonso *et al.* (2013 e 2016) encontraron que a densidade aparente da biomasa foliar da copa e a altura da base da copa dos piñerais galegos son importantes para avaliar a súa susceptibilidade ao lume de copa. Tamén que esa variable e a cobertura de matogueira baixo arboredo tiveron marcada influencia no nivel de severidade do lume, nun conxunto analizado de incendios en Galicia.

Mentres tanto, un factor asociado a eses dous tipos de vexetación que pode ter peso na área queimada é a continuidade das súas masas, favorecida pola extensión relativa ocupada por elas e a expansión das matogueiras, debido ao abandono da actividade agrícola e pastoral, que contribúe á conectividade do combustible a nivel de paisaxe. É, por tanto, razoable esperar que ambos os tipos

de vexetación teñan un peso relativo na área anual queimada, como ocorre no norte e centro de Portugal, cunha vexetación similar (Fernandes *et al.* 2016a, Fernandes e Guiomar 2017). Por conseguinte, as intervencións de silvicultura preventiva nesas masas son moi necesarias. De calquera xeito, diversos estudos (Moreira *et al.* 2009 e 2011 Carmo *et al.* 2011) indican que as diferenzas relativas aos tipos de cubertas forestais, en termos de maior ou menor propensión a arder, son relativamente pequenas (Rego e Silva 2014), aínda que as caducifolias mostran unha menor facilidade de ignición e propagación do lume. Ademais, a influencia do tipo de cuberta vexetal forestal faise pouco relevante cando aumenta o tamaño do incendio (Barros *et al.* 2014, Fernandes *et al.* 2016a) ou cando as condicións meteorolóxicas son extremas (Turner e Romme 1994, Bessie e Johnson 1995, Fernandes *et al.* 2016b e 2019, Assembleia da República 2017 e 2018). Así, Picos *et al.* (2019) observaron nos grandes incendios de outubro de 2017 en Pontevedra que a severidade media do lume en eucaliptais, coníferas e caducifolias difería pouco, co dano á copa de eucalipto moi variable e só un 5 % maior que nas especies nativas de folla caduca. Tamén Fernandes *et al.* (2019b) encontraron que o tipo de bosque tivo unha influencia menor sobre a severidade do lume nos megaincendios de 2017 en Portugal.

Unha conclusión práctica que pode extraerse do anterior é que o importante non é tanto a especie como a xestión do combustible que se fai. Por exemplo, as masas tratadas de plantacións de especies produtivas poden ter un nivel de perigosidade asumible, e especialmente cando eses tratamentos son complementados con outras accións preventivas a unha escala territorial adecuada. O problema é que, en moitos casos, esas plantacións nin foron nin están a ser acompañadas das necesarias actuacións silvícolas mencionadas sobre os combustibles.

Non obstante, resulta moi axeitado diversificar a cuberta arbórea dos montes de Galicia e incrementar a superficie doutras especies forestais, especialmente caducifolias, que xeralmente amosan un menor perigo de incendios, comparadas coas citadas. Xa nunha data moi temperá, Ceballos (1938) preconizou a utilización das frondosas caducifolias, soas ou mesturadas coas coníferas nas reforestacións, e unha das razóns que aducía era pola súa menor combustibilidade. Estudos posteriores evidenciaron o acertado desa recomendación xa que as caducifolias son xeralmente menos propensas ao lume, en termos de menor superficie relativa afectada (Moreira *et al.* 2009, Silva *et.* 2009, Barros e Pereira

2014, Calviño-Cancela *et al.* 2016, Fernandes *et al.* 2016b, Chas-Amil *et al.* 2020), menor nivel de dano nas masas afectadas (Fernandes *et al.* 2010) e menor velocidade de propagación e intensidade do lume (Forestry Canada Fire Danger Group 1992, Arellano *et al.* 2017). Con todo, esa resposta comparativa non é invariante e, como se ten visto, precisa de importantes matizacións (Fernandes 2009, Fernandes e Guimoiar 2017, Fernandes *et al.* 2019, Barros e Pereira 2014, Arellano *et al.* 2017, Picos *et al.* 2019). Tamén as caducifolias ofrecen unha maior resiliencia fronte ao lume pola súa facultade de rebrote (Vallejo e Alloza 1998, Vallejo *et al.* 2004, Pausas *et al.* 2004, Valdecantos *et al.* 2008, Hammett *et al.* 2017, Hart *et al.* 2018), aínda que a síndrome de esgotamento da capacidade rebrotadora está tamén presente, tras elevada recorrencia do lume, e pode agravarse no futuro polo cambio climático (Karavani *et al.* 2018, Fairman *et al.* 2019).

A diferenza das outras dúas estratexias clásicas de xestión preventiva do combustible forestal, a redución e o illamento (Pyne *et al.* 1996), a conversión do tipo de cuberta forestal foi menos aplicada ata o de agora. Ademais da prevención de incendios, motivos relativos á mellora da biodiversidade e sustentabilidade das masas forestais, estéticos, culturais, de diversificación da produción forestal, réxime hídrico etc. tamén aconsellan a diversificación da cuberta arborea. Aínda que no pasado a expansión dos cultivos e o sistema tradicional de explotación da terra en Galicia motivaron, principalmente, a case desaparición do bosque espontáneo caducifolio, o progresivo abandono agrario e o éxodo rural trouxeron consigo recentemente un aumento espontáneo da superficie destas especies, como os dous últimos inventarios forestais nacionais e outras avaliacións reflicten. Porén, non é posible esquecer que esas especies son máis esixentes en termos de fertilidade e profundidade edáfica, e algunhas delas en requirimentos hídricos, así como moito máis lentas de crecemento que as anteriormente mencionadas. Por tanto, é lóxico esperar que a súa expansión tropezarán con dificultades de instalación en moitos lugares. O posible cambio na distribución de precipitación e o aumento da temperatura en Galicia polo cambio climático (Sousa *et al.* 2015) introducen un factor engadido de incerteza respecto á virtualidade da extensión das caducifolias menos resistentes á seca. Hai que contar tamén coa limitación nos ingresos a curto prazo que estas plantacións supoñen para uns propietarios que posúen a case totalidade do terreo

forestal galego. Se a sociedade desexa que esas especies tomen unha presenza máis importante no monte en Galicia, como sen dúbida é desexable, será necesario facer fronte a compensacións aos propietarios pola restrición temporal imposta nas súas rendas.

CONCLUSIÓN

Segundo se pode ver, o problema dos incendios, entendido como unha disfuncionalidade entre a sociedade e o papel ecolóxico e utilitario do lume, desde todas as perspectivas, apela finalmente á responsabilidade social. Non podemos esquecer que o cambio climático e mesmo os cambios socioeconómicos teñen unha orixe humana. Os dous representan un risco pero tamén unha ocasión para mellorar. É preciso promover, respecto ao problema dos incendios, un acordo sólido, baseado nun amplo consenso político e social, cunha perspectiva máis xeral que ata agora, e estimular cambios importantes noos diferentes sectores involucrados. Tamén suscitar un forte compromiso de responsabilidade colectiva (Barreiro 2018), coas medidas consensuadas, o máis inclusivas e participativas posibles. Os últimos graves incendios de 2017 foron un aviso –nunha escala limitada– do que pode suceder nos próximos anos se non reaccionamos como sociedade. De todos nós depende aproveitar esa oportunidade, non só para mitigar os potenciais efectos non desexados dos incendios que veñen, senón tamén para aprender a convivir co lume, e afrontar outros problemas da nosa relación co medio natural que nos afectan como sociedade e dos que o actual réxime de lume é un reflexo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGER, Alan A. / Nicole M. VAILLANT / Mark A. FINNEY (2010): «A comparison of landscape fuel treatment strategies to mitigate wildlandfire risk in the urban interface and preserve old forest structure», *Forest Ecology and Manage*, 259, 1556-1570.
- AGER, Alan A. / Nicole M. VAILLANT / Andrew J. MCMAHAN (2013): «Restoration of fire in managed forests: model to prioritize landscapes and analyze tradeoffs», *Ecosphere*, 4:2, 29.
- AGER, Alan A. / Jeffrey D. KLINE / Alexandra P. FISCHER (2015): «Coupling the biophysical and social dimensions of wildfire risk to improve wildfire mitigation planning», *Risk Analysis*, 35:8, 1393-1406.
- AGER, Alan A. / Cody R. EVERS / Michelle A. DAY / Haiganoush K. PREISLER / Ana M.G. BARROS / Max NIELSEN-PINCUS (2017): «Network analysis of wildfire transmission and implications for risk governance», *PLoS ONE*, 12:3, e0172867.
- ALCASENA, Fermín J. / Michele SALIS / Alan A. AGER / Bachisio ARCA / Domingo MOLINA / Donatella SPANO (2015): «Assessing landscape scale wildfire exposure for highly valuedresources in a Mediterranean area», *Environmental Management*, 1200-1216.
- ALCASENA, Fermín J. / Alan A. AGER / Michele SALIS / Michelle A. DAY / Cristina VEGA-GARCÍA (2018): «Optimizing prescribed fire allocation for managing fire risk in central Catalonia», *Science of the Total Environment*, 621, 872-885.
- ALCASENA, Fermín J. / Alan A. AGER / John. D. BAILEY / Nicolau PINEDA / Cristina VEGA-GARCÍA (2019): «Towards a comprehensive wildfire management strategy for Mediterranean areas: framework development and implementation in Catalonia, Spain», *Journal of Environmental Management*, 231, 303-320.
- ALCASENA-URDÍROZ, Fermín / Cristina VEGA-GARCÍA / Alan A. AGER / Michele M. SALIS / Nicholas J. NAUSLAR / F. J. MENDIZÁBAL / Rafael CASTELL (2019): «Metodología de evaluación del riesgo de incendios forestales y priorización de tratamientos multifuncionales en paisajes mediterráneos», *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 45:2, 571-600.
- ALLÓ, María / María L. LOUREIRO (2016): «Evaluating the fulfillment of the principles of collective action in practice: A case study from Galicia (NW Spain)», *Forest Policy and Economics*, 73, 1-9.
- ÁLVAREZ, Víctor / Juan José TABOADA / María de las Nieves LORENZO (2011): «Cambio climático en Galicia en el siglo XXI: tendencias y variabilidad en temperaturas y precipitaciones», *Avances en Ciencias de la Tierra*, 2, 65-85.
- ÁLVAREZ, Víctor / María de las Nieves LORENZO / Juan TABOADA / Fran SANTOS-GONZÁLEZ (2012): «Tendencias y variabilidad climática para el siglo XXI en Galicia», en Concepción Rodríguez Puebla / Antonio Ceballos Barbancho / Nube González Reviriego / Enrique Morán Tejada / Ascensión Hernández Encinas (eds.), *Cambio climático: extremos e impactos*, serie A, 8, Salamanca, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, 23-32.
- AMATULLI, Giuseppe / Andrea CAMIA / Jesús SAN-MIGUEL-AYANZ (2013): «Estimating future burned areas under changing climate in the EU-Mediterranean countries», *Science of the Total Environment*, 450-451, 209-222.
- ANDERSON, Wendy R. / Miguel G. CRUZ / Paulo M. FERNANDES / Lachie MCCAW / José Antonio VEGA / Ross A. BRADSTOCK / Liam FOGARTY / Jim GOULD / Greg MCCARTHY / Jon B. MARSDEN-SMEDLEY / Stuart MATTHEWS / Greg MATTINGLEY / H. Grant PEARCE / Brian VAN WILGEN (2015): «A generic, empirical-based model for predicting rate of fire spread in shrublands», *International Journal of Wildland Fire*, 24, 443-460.

- AQUILUÉ, Núria / Marie-Josée FORTÍN / Christian MESSIER / Lluís BROTONS (2020): «The Potential of Agricultural Conversion to shape forest fire regimes in Mediterranean Landscapes», *Ecosystems*, 23, 34-51.
- ARELLANO, Stéfano (2011): «Índices meteorológicos de peligro de incendios forestales en Galicia: evidencias de cambio climático y su relación con la frecuencia de fuegos y superficie afectada», proxecto de fin de carreira, Escola de Enxeñaría Forestal, Universidade de Vigo.
- ARELLANO, Stéfano / José A. VEGA / Ana D. RUIZ / Antonio ARELLANO / Juan G. ÁLVAREZ / Daniel J. VEGA / Elena PÉREZ (2017): *Foto-guía de combustibles forestales de Galicia y comportamiento del fuego asociado*, Santiago de Compostela, Andavira.
- ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA (2017): *Relatório. Análise e apuramento dos factores 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*, Comissão Técnica Independente, Portugal.
- ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA (2018): *Relatório. Avaliação dos incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em Portugal Continental*, Comissão Técnica Independente, Portugal.
- AZEVEDO João C. / César MOREIRA / João P. CASTRO / Carlos LOUREIRO (2011): «Agriculture abandonment, land-use change and fire hazard in Mountain Landscapes in Northeastern, Portugal», en *Landscape Ecology in Forest Management and Conservation*, Springer, Berlin, Heidelberg, 329-351.
- BAJOCCO, Sofia / Carlo RICOTTA (2008): «Evidence of selective burning in Sardinia (Italy): which land-cover classes do wildfires prefer?», *Landscape Ecology*, 23, 241-248.
- BALBOA LÓPEZ, Xesús L. (1999): «El fuego en la historia de los montes gallegos: de la roza al incendio forestal», en Eduardo Araque Jiménez (coord.), *Incendios históricos: Una aproximación multidisciplinar*, Jaén, Universidad Internacional de Andalucía, 255-276.
- BALSA-BARREIRO, José / Txomin HERMOSILLA (2013): «Socio-geographic analysis of wildland fires causes of the 2006's wildfires in Galicia (Spain)», *Forest Systems*, 22, 497-509.
- BARREAL, Jesús / María L. LOUREIRO / Juan PICOS (2011): «Estudio de la incidencia de los incendios en Galicia: una perspectiva socioeconómica», *Revista Galega de Economía*, 20, 227-246.
- BARREAL, Jesús / María LOUREIRO / Juan PICOS (2012): «Estudio de la causalidad de los incendios forestales en Galicia», *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 12:1, 99-114.
- BARREAL, Jesús / María LOUREIRO (2013): «Análisis espacial de la ocurrencia de incendios en Galicia durante 2006», en *6º Congreso Forestal Español. Montes: Servicios y desarrollo rural*, Vitoria-Gasteiz, Sociedad Española de Ciencias Forestales, 6CFE01-323.
- BARREAL, Jesús / María L. LOUREIRO (2015): «Modelling spatial patterns and temporal trends of wildfires in Galicia (NW Spain)», *Forest Systems*, 24:2, e022.
- BARREAL, Jesús / Gil JANNES (2020): «Spatial and temporal wildfire decomposition as a tool for assessment and planning of an efficient forest policy in Galicia (Spain)», *Forests*, 11, 811.
- BARREIRO, Alfonso (2018): Comunicación persoal. Subdirección Xeral de Prevención e Defensa contra os Incendios Forestais, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia.
- BARREIRO RIVAS, Xosé Luís (2018): «Del compromiso social a la acción. La lucha contra los incendios forestales», en Francisco Díaz-Fierros Viqueira (coord.), *Incendios forestales: reflexiones desde Galicia*, A Coruña, Hércules de Ediciones, 198-210.

- BAUDENA, Mara / Víctor M. SANTANA / M. Jaime BAEZA / Susana BAUTISTA / Marteen B. EPPINGA / Lia HEMERIK *et al.* (2020): «Increased aridity drives post-fire recovery of Mediterranean forests towards open shrublands», *New Phytologist*, 225, 1500-1515.
- BEDÍA, Joaquín / Sixto HERRERA / Andrea CAMIA / José Manuel MORENO / José Manuel GUTIÉRREZ (2014): «Forest fire danger projections in the Mediterranean using ENSEMBLES regional climate change scenarios», *Climatic Change*, 122:1-2, 185-199.
- BELCHER, Claire M. (ed.) (2013): *Fire Phenomena and the Earth System: An Interdisciplinary Guide to Fire Science*, New Jersey, Wiley.
- BESSIE, Wayne C. / Edward A. JOHNSON (1995): «The relative importance of fuels and weather on fire behavior in subalpine forests», *Ecology*, 76, 747-762.
- BIROT, Yves (2009): *Living with Wildfires: What Science Can Tell Us*, Discussion Paper 15, Joensuu, European Forest Institute.
- BOUBETA, Miguel / María José LOMBARDÍA / Manuel MAREY-PÉREZ / Domingo MORALES (2015): «Prediction of forest fires occurrences with area-level Poisson mixed models», *Journal of Environmental Management*, 154, 151-158.
- BOUHIER, Abel (1979): *La Galice: essai géographique d'analyse et d'interprétation d'un vieux complexe agraire*, La Roche-sur-Yon (Vendée), Imp. Yonnaise.
- BOWMAN, David M. J. S. / Jennifer BALCH / Paulo ARTAXO / William J. BOND / Mark A. COCHRANE / Carla M. D'ANTONIO / Ruth DEFRIES / Fay H. JOHNSTON / Jon E. KEELEY / Meg A. KRAWCHUK / Christian A. KULL / Michelle MACK / Max A. MORITZ / Stephen PYNE / Christopher I. ROOS / Andrew C. SCOTT / Navjot S. SODHI / Thomas W. SWETNAM (2011): «The human dimension of fire regimes on Earth», *Journal of Biogeography*, 38:12, 2223-2236.
- BOWMAN, David M. J. S. / Grant J. WILLIAMSON / John T. ABATZOGLOU / Crystal A. KOLDEN / Mark A. COCHRANE / Alistair M. S. SMITH (2017): «Human exposure and sensitivity to globally extreme wildfire events», *Nature Ecology & Evolution*, 1:3, 0058.
- BOWMAN, David M. J. S. / Crystal A. KOLDEN / John T. ABATZOGLOU / Fay H. JOHNSTON / Guido R. VAN DER WERF / Mike FLANNIGAN (2020): «Vegetation fires in the Anthropocene», *Nature Reviews Earth and Environment*, 1, 500-515.
- BRADSHAW, Larry S. / John E. DEEMING / Robert. E. BURGAN / Jack D. COHEN (1984): *The 1978 National Fire Danger Rating System: Technical Documentation*, U.S. Forest Service, General Technical Report INT-169.
- BROTONS, Lluís / Núria AQUILUÉ / Miguel DE CÁCERES / Mariee-Josee FORTIN / Andrew FALL (2013): «How fire history, fire suppression practices and climate change affect wildfire regimes in Mediterranean landscapes», *PLoS One*, 8:5, e62392.
- BRUÑA-GARCÍA, Xavier / Manuel F. MAREY-PÉREZ (2014): «Public participation: a need of forest planning», *iForest, Biogeosciences and Forestry*, 7:4, 216-226.
- BRUÑA-GARCÍA, Xavier / Manuel F. MAREY-PÉREZ (2017): «El diálogo como instrumento contra el fuego: el caso de Galicia», en *7º Congreso Forestal Español: Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía*, Plasencia, Sociedad Española de Ciencias Forestales, 7CFE01-393.
- BUTSIC, Van / Maggi KELLY / Max A. MORITZ (2015): «Land Use and Wildfire: A review of local interactions and teleconnections», *Land*, 2:4, 140-156.
- BYRAM, George M. (1959a): «Combustion of Forest Fuels», en Kenneth P. Davis (ed.), *Forest Fire: Control and Use*, New York, NY, McGraw-Hill, 61-89.

- BYRAM, George M. (1959b): «Forest Fire Behaviour», en Kenneth P. Davis (ed.), *Forest Fire: Control and Use*, New York, NY, McGraw-Hill, 90-123.
- CALKIN, E. David / Jack D. COHEN / Matthew P. THOMPSON / Mark A. FINNEY (2014): «How risk management can prevent future wildfire disasters in the wildland-urban interface», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111:2, 746-751.
- CALKIN E. David / Mark A. FINNEY / Matthew P. THOMPSON (2015): «Negative consequences of positive feedbacks in US wildfire management», *Forest Ecosystems*, 2:9, 1-10.
- CALVIÑO-CANCELA, María / María Luisa CHAS-AMIL / Julia M. TOUZA (2014): «Assessment of fire risk in relation to land cover in WUI areas», en Domingos Xavier Viegas (ed.), *Advances in Forest Fire Research*, Coimbra, Imprensa da Universidade de Coimbra, 657-664.
- CALVIÑO-CANCELA, María / María L. CHAS-AMIL / Eduardo D. GARCÍA-MARTÍNEZ / Julia TOUZA (2016): «Wildfire risk associated with different vegetation types within and outside wildland-urban interfaces», *Forest Ecology and Management*, 372, 1-9.
- CALVIÑO-CANCELA, María / María Luisa CHAS-AMIL / Eduardo D. GARCÍA-MARTÍNEZ / Julia TOUZA (2017): «Interacting effects of topography, vegetation, human activities and wildland-urban interfaces on wildfire ignition risk», *Forest Ecology and Management*, 397, 10-17.
- CALVO-IGLESIAS, María Silva / Ramón URBANO FRA-PALEO / Ramón Alberto DÍAZ-VARELA (2009): «Changes in farming system and population as drivers of land cover and landscape dynamics: the case of enclosed and semi-open field systems in Northern Galicia (Spain)», *Landscape and Urban Planning*, 90, 168-177.
- CAMIA, Andrea / Giuseppe AMATULLI / Jesús SAN-MIGUEL-AYANZ (2008): *Past and future trends of forest fire danger in Europe*, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
- CAMIA, Andrea / Giuseppe AMATULLI (2009): «Weather Factors and Fire Danger in the Mediterranean», en Emilio Chuvieco (ed.), *Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystems*, Berlin / Heidelberg, Springer, 71-82.
- CAMIA, Andrea / Jesús SAN-MIGUEL-AYANZ / Lara VILAR DEL HOYO / Tracy DURRANT HOUSTON (2011): «Spatial and temporal patterns of large forest fires in Europe», *EGU General Assembly*, Vienna, Austria.
- CAMPOS, João C. / Julia BERNHARDT / Núria AQUILUÉ / Lluís BROTONS / Jesús DOMÍNGUEZ / Ángela LOMBA / Bruno MARCOS / Fernando MARTÍNEZ-FREIRÍA / Francisco MOREIRA / Silvana PAIS / João P. HONRADO / Adrián REGOS (2020): «Using fire to enhance rewilding when agricultural policies fail», *Science of the Total Environment*, 755:1, 14289.
- CARMO, Miguel / Francisco MOREIRA / Pedro CASIMIRO / Pedro VAZ (2011): «Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal», *Landscape and Urban Planning*, 100, 169-176.
- CASTELNOU, Marc / Nuria PRAT-GUITART / Etel ARILLA / Asier LARRAÑAGA / Edgar NEBOT / Xavier CASTELLARNAU / Jordi VENDRELL / Josep PALLÀS / Joan HERRERA / Marc MONTURIOL / José CESPEDÉS / Jordi PAGÉS / Claudi GALLARDO / Marta MIRALLES (2019): «Empowering strategic decision-making for wildfire management: Avoiding the fear trap and creating a resilient landscape», *Fire Ecology*, 15:31.
- CATRY, Filipe Xavier / Francisco C. REGO / Fernando C. BAÇÃO / Francisco MOREIRA (2009): «Modelling and mapping wildfire ignition risk in Portugal», *International Journal of Wildland Fire*, 18, 921-931.
- CEBALLOS y FERNÁNDEZ de CÓRDOBA, Luis (1938): *Regresión y óptimo de la vegetación en los montes españoles. La significación de los pinares*, Ávila.

- CELA GONZÁLEZ, Miguel Ángel (2018): «Experiencias adquiridas de los episodios de incendios registrados en el período 2014-2017. Comunidad Autónoma de Galicia», *III Taller de Lecciones Aprendidas de los Incendios Forestales*, Universidad de Córdoba.
- CHAS-AMIL, María Luisa (2007): «Forest fires in Galicia (Spain): Threats and challenges for the future», *Journal of Forest Economics*, 13:1, 1-5.
- CHAS-AMIL, María Luisa / Julia TOUZA / Jeffrey P. PRESTEMON (2010): «Spatial distribution of human-caused forest fires in Galicia (NW Spain)», en Giovanni Perona / Carlos A. Brebbia (eds.), *Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires II (WIT Transactions on Ecology and the Environment)*, 137, 247-258.
- CHAS-AMIL, María Luisa / Julia TOUZA / Eduardo GARCÍA-MARTÍNEZ (2013): «Forest fires in the wildland-urban interface: A spatial analysis of forest fragmentation and human impacts», *Applied Geography*, 43, 127-137.
- CHAS-AMIL, María Luisa / Jeffrey P. PRESTEMON / Colin J. MCCLEAN / Julia TOUZA (2015): «Human-ignited wildfire patterns and responses to policy shifts», *Applied Geography*, 56, 164-176.
- CHAS-AMIL, María Luisa / Eduardo GARCÍA-MARTÍNEZ / Julia TOUZA (2020): «Iberian Peninsula October 2017 wildfires: Burned area and population exposure in Galicia (NW of Spain)», *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 48, 101623.
- COHEN, Jack (2008): «The Wildland-Urban Interface Fire Problem», *Forest History Today*, Fall, 20-26.
- COLLINS, Ross D. / Richard DE NEUFVILLE / João CLARO / Tiago OLIVEIRA / Abílio P. PACHECO (2013): «Forest fire management to avoid unintended consequences: A case study of Portugal using system dynamics», *Journal of Environmental Management*, 130, 1-9.
- CONDE-VÁZQUEZ, Erica (2019): «Comunicación de crisis: fake news y seguimiento informativo en la ola de incendios de Galicia en octubre de 2017», *Revista Española de Comunicación en Salud*, suplemento 1, 107-114.
- CORBELLE RICO, Eduardo / Rafael CRECENTE MASEDA (2014): «Urbanización, forestación y abandono. Cambios recientes en el paisaje de Galicia, 1985-2005», *Revista Galega de Economía*, 23:1, 219-228.
- CORDERO RIVERA, Adolfo (2017): «Large scale eucalypt plantations associated to increased fire risk», *PeerJ Preprints*, 5, e3348v1.
- COSTAFREDA-AUMEDES, Sergi / Cristina VEGA-GARCÍA (2014): «ANN multivariate analysis of factors that influence human-caused multiple fire starts», en Domingos Xavier Viegas (ed.), *Advances in Forest Fire Research*, Coimbra, Universidade, 1787-1798.
- COSTAFREDA-AUMEDES, Sergi / Carles COMAS / Cristina VEGA-GARCÍA (2016): «Spatio-temporal configurations of human-caused fires in Spain through point patterns», *Forests*, 7, 185.
- CRUZ, Miguel G. (2000): *Descrição do Sistema Canadiao de Indexação do Perigo de Incêndio*, Coimbra, Associação para o Desenvolvimento de Aerodinâmica Industrial.
- CRUZ, Raquel / Ángeles LAGO / Ana LAGE / María Ermitas RIAL / Francisco DÍAZ-FIERROS / Santiago SALSÓN (2009): «Evolución recente do clima en Galicia: tendencias observadas en variables meteorolóxicas», en Vicente Pérez Muñizuri / Marisa Fernández Cañamero / José Luis Gómez Gesteira (coords.), *Evidencias e impactos do cambio climático en Galicia*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, 19-54.
- CRUZ GUERRERO, Raquel / María de los Ángeles LAGO NÚÑEZ (2007): «Estudio de balance hídrico y viento: comparación del año 2006 con años anteriores», en Francisco Díaz-Fierros Viqueira / Xesús Balboa López / Xosé Luís Barreiro Rivas (coords.), *Por unha nova cultura forestal fronte aos incendios: informes e conclusións*, Santiago de Compostela, Consello da Cultura Galega, 103-136.

- DAMIANIDIS, Christos / José Javier SANTIAGO-FREIJANES / Michael DEN HERDER / Paul J. BURGESS / M. Rosa MOSQUERA LOSADA / Anil GRAVES / Andreas PAPADOPOULOS / Andrea PISANELLI / Francesca CAMILLI / Mercedes ROIS-DÍAZ / Sonja KAY / João H. N. PALMA / Anastasia PANTERA (2020): «Agroforestry as a sustainable land use option to reduce wildfire risk in European Mediterranean areas», *Agroforestry Systems* (<https://doi.org/10.1007/s10457-020-00482-w>).
- DELGADO-ARANGO, Natalia / Miguel VICENTE-MARIÑO (2019): «La cobertura periódica de los incendios forestales en la prensa digital de España: el caso de Galicia 2017», *Revista Española de Comunicación en Salud*, suplemento 1, 91-10.
- DEPIETRI, Yaella / Daniel E. ORENSTEIN (2019): «Fire-regulating services and disservices with an application to the Haifa-Carmel region in Israel», *Frontiers in Environmental Science*, 7.
- DÍAZ-DELGADO, Ricardo / Franciso LLORET / Xavier PONS / Jaume TERRADAS (2002): «Satellite evidence of decreasing resilience in Mediterranean plant communities after recurrent wildfires», *Ecology*, 83, 2293-2303.
- DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, Francisco (2018): «Historia dos incendios forestais en Galicia e Portugal», Coloquio Galaico-Portugués sobre Incendios Forestais: *Unha nova xeración de lumes?* Santiago de Compostela, Consello da Cultura Galega.
- DIEGO, Jaime de / Antonio RÚA / Mercedes FERNÁNDEZ (2019) «Designing a Model to Display the Relation between Social Vulnerability and Anthropogenic Risk of Wildfires in Galicia, Spain», *Urban Science*, 3, 32.
- DUNN, Christopher J. / Christopher D. O'CONNOR / Jesse ABRAMS / Matthew P. THOMPSON / Dave E. CALKIN / James D. JOHNSTON / Rick STRATTON / Julie GILBERTSON-DAY (2020): «Wildfire risk science facilitates adaptation of fire-prone social-ecological systems to the new fire reality», *Environment Research Letters*, 15, 025001.
- DUPUY, Jean-Luc / Helene FARGEON / Nicolas MARTIN-STPAUL / François PIMONT / Julien RUFFAULT / Mercedes GUIJARRO HERNANDO / Javier M. MADRIGAL / Paulo FERNANDES (2020): «Climate change impact on future wildfire danger and activity in southern Europe: a review», *Annals of Forest Science*, 77, 35.
- EDWARDS, Amanda / Nicholas GILL (2016): «Living with landscape fire: Landholder understandings of agency, scale and control within fiery entanglements», *Faculty of Social Sciences - Papers*, Australia, University of Wollongong, 2644.
- ELIA, Mario / Raffaele LAFORTEZZA / Giuseppe COLANGELO / Giovanni SANESI (2014): «A streamlined approach for the spatial allocation of fuel removals in wildland-urban interfaces», *Landscape Ecology*, 29, 1771-1784.
- ESPELTA, Josep María / Irima VERKAİK / Marcia EUGENIO / Francisco LLORET (2008): «Recurrent wildfires constrain long-term reproduction ability in *Pinus halepensis* Mill», *International Journal of Wildland Fire*, 17, 579-585.
- EUROPEAN COMMISSION (Victoriano Ramón VALLEJO CALZADA / Nicolas FAIVRE / Francisco Manuel CARDOSO CASTRO REGO / José Manuel MORENO RODRÍGUEZ / Gavriil XANTHOPOULOS) (2018): *Forest Fires. Sparking Firesmart Policies in the EU*, Luxembourg, European Commission.
- EUROPEAN FOREST INSTITUTE (2019): «Fighting catastrophic forest fires» (<https://www.efi.int/articles/fighting-catastrophic-forest-fires>) [última consulta: xaneiro, 2019].
- EVERETT, Yvonne (2002): «Community participation in fire management planning: a cas from California», en P. Moore / David Ganz / Lay Cheng Tan / Thomas Enters / Patrick B. Durst (eds.), *Community in*

- flames. Proceedings of an international conference on community involvement in fire management*, FAO Rap Publication 2002/25.
- FAIRMAN, Thomas A. / Laurent T. BENNETT / Craig R. NITSCHKE (2019): «Short-interval wildfires increase likelihood of resprouting failure in fire tolerant trees», *Journal of Environmental Management*, 231, 59-65.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2008): Workshop «Forest Fires in the Mediterranean Region: Prevention and Regional Cooperation», Sabaudia, Italy, 12-15 May.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2011): *Community-Based Fire Management: A Review*, FAO Forestry Paper 166, Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2012): *Community-Based Fire Management Meeting (FAO Rome, 12-13 November) – Report*, Fire Management Working Paper 28, Rome.
- FERNANDES, Paulo (2008): «Forest fires in Galicia (Spain): the outcome of unbalanced fire management», *Journal of Forest Economy*, 14, 155-157.
- FERNANDES, Paulo M. (2009): «Combining forest structure data and fuel modelling to classify fire hazard in Portugal», *Annals of Forest Science*, 66, 415.
- FERNANDES, Paulo M. (2013): «Fire-smart management of forest landscapes in the Mediterranean basin under global change», *Landscape and Urban Planning*, 110:1, 175-182.
- FERNANDES, Paulo M. (2015): «Empirical Support for the Use of Prescribed Burning as a Fuel Treatment», *Current Forestry Reports*, 1, 118-127.
- FERNANDES, Paulo M. / Herminio S. BOTELHO (2003): «A review of prescribed burning effectiveness in fire hazard reduction», *International Journal of Wildland Fire*, 12:2, 117-128.
- FERNANDES, Paulo M. / Ana LUZ / Carlos LOUREIRO (2010): «Changes in wildfire severity from maritime pine woodland to contiguous forest types in the mountains of northwestern Portugal», *Forest Ecology and Management*, 260, 883-892.
- FERNANDES, Paulo M. / DAVIES G. M. / Davide ASCOLI / Cristina FERNÁNDEZ / Francisco MOREIRA / Eric RIGOLOT / Cathelijne R. STOOFF / José A. VEGA / Domingo MOLINA (2013): «Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape», *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11, e4-e14.
- FERNANDES, Paulo M. / Carlos LOUREIRO / Nuno GUIOMAR / Gianni B. PEZZATTI / Filipa T. MANSO / Luís LOPES (2014): «The dynamics and drivers of fuel and fire in the Portuguese public forest», *Journal of Environmental Management*, 146, 373-382.
- FERNANDES, Paulo M. / Ana M. G. BARROS / Anita PINTO / João A. SANTOS (2016a): «Characteristics and controls of extremely large wildfires in the western Mediterranean Basin», *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 121:8, 2141-2157.
- FERNANDES, Paulo M. / Tiago MONTEIRO-HENRIQUES / Nuno GUIOMAR / Carlos LOUREIRO / Ana M. G. BARROS (2016b): «Bottom-Up Variables Govern Large-Fire Size in Portugal», *Ecosystems*, 19:8, 1362-1375.
- FERNANDES, Paulo M. / Abilio PEREIRA PACHECO / Rui LOPES ALMEIDA / João CLARO (2016c): «The role of fire-suppression force in limiting the spread of extremely large forest fires in Portugal», *European Journal of Forest Research*, 135, 253-262.
- FERNANDES Paulo M. / Nuno GUIOMAR (2017): «Os incendios como causa de desarborezaçã em Portugal», *Agrotec*, 22, 28-32.

- FERNANDES, Paulo M. (2018): «Scientific support to prescribed underburning in southern Europe: What do we know?», *Science of the Total Environment*, 630, 340-348.
- FERNANDES, Paulo M. / Nuno GUIOMAR / Carlos G. ROSSA (2019b): «Analysing eucalypt expansion in Portugal as a fire-regime modifier», *Science of The Total Environment*, 666, 79-88.
- FERNÁNDEZ, Cristina / José Antonio VEGA / Teresa FONTÚRBEL / Enrique JIMÉNEZ / Pedro PÉREZ-GOROSTIAGA (2008): «Effects of wildfire, salvage logging and slash manipulation on *Pinus pinaster* Ait. recruitment in Orense (NW Spain)», *Forest Ecology and Management*, 255, 1294-1304.
- FERNÁNDEZ, Cristina / José Antonio VEGA / Teresa FONTÚRBEL / Enrique JIMÉNEZ / Andrea FERREIRO / Benjamín SANDE (2010): «Fire severity and soil water repellency after fire in Galicia (NW Spain)», en *VI International Conference on Forest Fire Research*, Coimbra, Portugal.
- FERNÁNDEZ, Cristina / José Antonio VEGA (2016a): «Modelling the effect of soil burn severity on soil erosion at hillslope scale in the first year following wildfire in NW Spain», *Earth Surface Processes and Landforms*, 41, 928-935.
- FERNÁNDEZ, Cristina / José A. VEGA (2016b): «Effects of mulching and post-fire salvage logging on soil erosion and vegetative regrowth in NW Spain», *Forest Ecology and Management*, 375, 46-54.
- FERNÁNDEZ-COUTO, Tomás (2006): «Los incendios forestales en Galicia», *Anales de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Valencia*, Universidad de Valencia, 401-412.
- FERNÁNDEZ FILGUEIRA, Cristina / José Antonio VEGA HIDALGO / Teresa FONTÚRBEL LLITERAS (2012): «The effects of fuel reduction treatments on runoff, infiltration and erosion in two shrubland areas in the north of Spain», *Journal of Environmental Management*, 105, 96-102.
- FERNÁNDEZ FILGUEIRA, Cristina / José Antonio VEGA HIDALGO / Teresa FONTÚRBEL LLITERAS (2013a): «Shrub resprouting response after fuel reduction treatments: Comparison of prescribed burning, clearing and mastication», *Journal of Environmental Management*, 117C, 235-241.
- FERNÁNDEZ FILGUEIRA, Cristina / José Antonio VEGA HIDALGO / Teresa FONTÚRBEL LLITERAS (2013b): «Does fire severity influence shrub resprouting after spring prescribed burning?», *Acta Oecologica*, 48, 30-36.
- FERNÁNDEZ FILGUEIRA, Cristina / José Antonio VEGA HIDALGO / Teresa FONTÚRBEL LLITERAS (2013c): «Effects of fuel reduction treatments on a gorse shrubland soil seed bank in the north of Spain: Comparing mastication and prescribed burning», *Ecological Engineering*, 57, 79-87.
- FERNÁNDEZ FILGUEIRA, Cristina / José Antonio VEGA HIDALGO / Teresa FONTÚRBEL LLITERAS (2013d): «Fuel reduction at a Spanish heathland by prescribed fire and mechanical shredding: Effects on seedling emergence», *Journal of Environmental Management*, 129C, 621-627.
- FERNÁNDEZ FILGUEIRA, Cristina / José Antonio VEGA HIDALGO / Teresa FONTÚRBEL LLITERAS (2013e): «Severidad del fuego y repelencia al agua en el suelo después de incendios forestales en Galicia», en *6º Congreso Forestal Español. Montes: Servicios y desarrollo rural*, Vitoria-Gasteiz, Sociedad Española de Ciencias Forestales, 6CFE01-351.
- FERNÁNDEZ FILGUEIRA, Cristina / José Antonio VEGA HIDALGO / Teresa FONTÚRBEL LLITERAS (2015): «Does shrub recovery differ after prescribed burning, clearing and mastication in a Spanish heathland?», *Plant Ecology*, 2016:3, 429-437.
- FERNÁNDEZ-GARCÍA, Víctor / Elena MARCOS / Peter Z. FULÉ / Elena MARCOS / Leonor CALVO (2019): «The role of fire frequency and severity on the regeneration of Mediterranean serotinous pines under different environmental conditions», *Forest Ecology and Management*, 444, 59-68.
- FINNEY, Mark A. (2020): «The wildfire system and challenges for engineering», *Fire Safety*, 103085.

- FINNEY, Mark A. (2001): «Design of regular landscape fuel treatment patterns for modifying fire growth and behavior», *Forest Science*, 47, 219-228.
- FISCHER, A. Paige / Susan CHARNLEY (2012): «Risk and cooperation Managing hazardous fuel in mixed ownership landscapes», *Environmental Management*, 49:6, 1192-1207.
- FISCHER, A. Paige / Thomas. A. SPIES / Toddi A. STEELMAN / Cassandra MOSELEY / Bart. R. JOHNSON / J. John D. BAILEY / Alan A. AGER / Patrick BOURGERON / Susan CHARNLEY / Brandon M. COLLINS / Jeffrey D. KLINE / Jessica. E. LEAHY / Jeremy. S. LITTELL / James D. A. MILLINGTON / Max NIELSEN-PINCUS / Christine. S. OLSEN / Travis. B. PAVEGLIO / Christopher I. ROOS / Michelle. M. STEEN-ADAMS / Forrest. R. STEVENS / Jelena VUKOMANOVIC / Eric M. WHITE / David M. J. S. BOWMAN (2016): «Wildfire risk as a socioecological pathology», *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14:5, 276-284.
- FONTÚRBEL LLITERAS, María Teresa / Cristina FERNÁNDEZ FILGUEIRA / José Antonio VEGA HIDALGO / Agustín MERINO (2017a): «Cambios en el carbono orgánico y en propiedades físicas del suelo después de incendios de distinta severidad», en *7º Congreso Forestal Español: Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía*, Plasencia, Sociedad Española de Ciencias Forestales, 7CFE01-442.
- FONTÚRBEL, María Teresa / Cristina FERNÁNDEZ FILGUEIRA / José Antonio VEGA (2017b): «Prescribed burning versus mechanical treatments as shrubland management options in NW Spain: Mid-term soil microbial response», *Applied Soil Ecology*, 107, 334-346.
- FORESTRY CANADA FIRE DANGER GROUP (1992): *Development and structure of the Canadian forest fire behavior prediction system*, Forestry Canada, Information Report ST-X-3, Ottawa, ON.
- FRANCISCO, Manuel (2019): Comunicación persoal. Servizo Provincial de Prevención e Defensa contra os Incendios Forestais, Pontevedra, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia.
- FUENTES-SANTOS, Isabel / Manuel MAREY-PÉREZ / Wenceslao GONZÁLEZ-MANTEIGA (2013): «Forest fire spatial pattern analysis in Galicia (NW Spain)», *Journal of Environmental Management*, 128, 30-42.
- GANTEAUME, Anna / Andrea CAMIA / Marielle JAPPIOT / Jesús SAN-MIGUEL-AYANZ / Marlène LONG-FOURNEL / Corinne LAMPIN (2013): «A Review of the Main Driving Factors of Forest Fire Ignition over Europe», *Environmental Management*, 51:3, 651-662.
- GARCÍA DÍEZ, Eulogio Luis / Luis RIVAS SORIANO / Fernando DE PABLO DÁVILA / Ángel GARCÍA DÍEZ (1994): «An objective model for the daily outbreak of forest fires based on meteorological considerations», *Journal of Applied Meteorology*, 33:4, 519-526.
- GARCÍA DÍEZ, Eulogio Luis / Luis RIVAS SORIANO / Fernando DE PABLO DÁVILA / Ángel GARCÍA DÍEZ (1999): «Prediction of the daily number of forest fires», *International Journal of Wildland Fire*, 9:3, 207-211.
- GARCÍA-OLIVA, Felipe / Agustín MERINO / María Teresa FONTÚRBEL / Beatriz OMIL / Cristina FERNÁNDEZ / José Antonio VEGA (2018): «Severe wildfire hinders renewal of soil P pools by thermal mineralization of organic P in forest soil: Analysis by sequential extraction and 31P NMR spectroscopy», *Geoderma*, 309, 32-40.
- GARCÍA-ORTIZ, Álvaro (2018): «Incendios forestales. El delito de incendio y la acción de la fiscalía», en Francisco Díaz-Fierros Viqueira (coord.), *Incendios forestales: reflexiones desde Galicia*, A Coruña, Hércules de Ediciones, 116-135.
- GILL, A. M. / K. R. CHRISTIAN / P. H. R. MOORE / R. I. FORRESTER (1987): «Bushfire incidence, fire hazard and fuel reduction burning», *Australian Journal of Ecology*, 12:3, 299-306.

- GÓMEZ-VÁZQUEZ, Isabel / Pedro ÁLVAREZ-ÁLVAREZ / Manuel F. MAREY-PÉREZ (2009): «Conflicts as enhancers or barriers to the management of privately owned common land: a method to analyze the role of conflicts on a regional basis», *Forest Policy and Economics*, 11, 617-627.
- GONZÁLEZ-OLABARRIA, José Ramón / Keith M. REYNOLDS / Asier LARRAÑAGA / Jordi GARCÍA-GONZALO / Eduard BUSQUETS / Miriam PIQUÉ (2019): «Strategic and tactical planning to improve suppression efforts against large forest fires in the Catalonia región of Spain», *Forest Ecology and Management*, 432, 612-622.
- GUIJARRO, Mercedes / Javier MADRIGAL / Carmen HERNANDO / David SÁNCHEZ DE RON / Antonio VÁZQUEZ DE LA CUEVA (2018): «Las repoblaciones y los incendios forestales», en Jesús Pemán García / Ignacio Iriarte Goñi / Francisco Lario Leza, (coords.), *La restauración forestal de España: 75 años de una ilusión*, [Madrid], MAPAMA, SECF, 344-376.
- GUITIÁN RIVERA, Luis (1999): «Los incendios forestales a través de la historia: pervivencias y cambios en el uso del fuego en en el noroeste peninsular», en Eduardo Araque Jiménez (coord.), *Incendios históricos: una aproximación multidisciplinar*, Jaén, Universidad Internacional de Andalucía, 149-162.
- HAMILTON, Matthew / Alexandra PAIGE FISCHER / Seth D. GUIKEMA / Gretchen KEPPEL-ALEKS (2018): «Behavioral adaptation to climate change in wildfire-prone forests», *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 9:6, e553.
- HAMILTON, Matthew / Alexandra PAIGE FISCHER / Alan AGER (2019): «A social-ecological network approach for understanding wildfire risk governance», *Global Environmental Change*, 54, 113-123.
- HAMMETT, Ethan J. / Martin W. RITCHIE / John PASCAL BERRILL (2017): «Resilience of California black oak experiencing frequent fire: regeneration following two large wildfires 12years apart», *Fire Ecology*, 13:1, 91-102.
- HE, Tianhua / Bryon B. LAMONT / Juli G. PAUSAS (2019): «Fire as a key driver of Earth's biodiversity», *Biological Reviews*, 94, 1983-2010.
- HERNANDO, Carmen / Rosa PLANELLES GONZÁLEZ / Marta ORTEGA / Santiago GARRIDO / Javier MADRIGAL OLMO / Mercedes GUIJARRO / Jose Ignacio ARAGONÉS / Ana SEBASTIÁN (2012): «La opinión de los gestores e investigadores sobre la prevención de incendios forestales en España: resultados del cuestionario "FIRESMART"», *Montes*, 109, 33-38.
- HIRSCH, Kevin / Victor KAFKA / Cordy TYMSTRA / Rob MCALPINE / Brad HAWKES / Herman STEGEHUIS / Sherra QUINTILIOS / Sylvie GAUTHIER / Karl PECK (2001): «Fire-smart forest management: A pragmatic approach to sustainable forest management in fire-dominated ecosystems», *The Forestry Chronicle*, 77, 1-7.
- HOWITT Richard (2014): «Coexisting with Fire? A Commentary on the Scale Politics of Adaptation», *Geographical Research*, 52:1, 61-64.
- INGALSBEER, Timothy (2017): «Whither the paradigm shift? Large wildland fires and the wildfire paradox offer opportunities for a new paradigm of ecologicalfire management», *International Journal of Wildland Fire*, 26:7, 557-561.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2000): *Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Nebojsa N. Nakicenovic e Robert Swart (eds.)]. New York, Cambridge Univ. Press.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2014): *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Core Writing Team, Rajendra K. Pachauri e Leo A. Meyer (eds.)]. Geneva, Switzerland.

- JENTSCH, AnkeJentsch / Carl BEIERKUHNLIN (2008): «Research frontiers in climate change: effects of extreme meteorological events on ecosystems», *Comptes Rendus Geoscience*, 340, 621-628.
- JIANGUO Liu / Thomas DIETZ / Stephen R. CARPENTER / Marina ALBERTI / Carl FOLKE / Emilio MORÁN / Alice N. PELL / Peter DEADMAN / Timothy KRATZ / Jane LUBCHENCO / Elinor OSTROM / Z. OUYANG / William PROVENCHER / Charles REDMAN / Stephen H. SCHNEIDER / William W. TAYLOR (2007): «Complexity of coupled human and natural systems», *Science*, 317:5844, 1513-1516.
- JIMÉNEZ-RUANO, Adrián / Marcos RODRIGUES MIMBRERO / Juan DE LA RIVA (2017): «Understanding wildfires in mainland Spain. A comprehensive analysis of fire regime features in a climate-human context», *Applied Geography*, 89, 100-111.
- JIMÉNEZ-RUANO, Adrián / Juan DE LA RIVA FERNÁNDEZ / Marcos RODRIGUES (2020): «Fire regime dynamics in mainland Spain. Part 2: A near-future prospective», *Science of The Total Environment*, 705, 135842.
- JOLLY, W. Matthews / Mark A. COCHRANE / Patrik H. FREEBORN / Zachary A. HOLDEN / Timothy J. BROWN / Grant. J. WILLIAMSON / David M. BOWMAN (2015): «Climate induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013», *Nature Communications*, 6, 7537.
- KAAL, Joeri / Antonio MARTÍNEZ CORTIZAS / Eileen ACKMEIER / Manuela COSTA CASAIS / Manuel SANTOS ESTÉVEZ / Felipe CRIADO BOADO (2008): «Holocene fire history of black colluvial soils revealed by pyrolysis-GC/MS: a case study from Campo Lameiro (NW Spain)», *Journal of Archaeological Science*, 35:8, 2133-2143.
- KARAVANI, Asaf / Matthias M. BOER / Mara BAUDENA / Carlos COLINAS / Rubén DÍAZ-SIERRA / Jesús PEMÁN / Martín DE LUIS / Álvaro ENRÍQUEZ-DE-SALAMANCA / Víctor RESCO DE DIOS (2018): «Fire-induced deforestation in drought-prone Mediterranean forests: drivers and unknowns from leaves to communities», *Ecological Monographs*, 88, 141-169.
- KAY, Sonja / Anil GRAVES / João H. N. PALMA / Gerardo MORENO / José V. ROCES-DÍAZ / Stephanie AVIRON / Dimitrios CHOUVARDAS / Josep CROUS-DURAN / Nuria FERREIRO-DOMÍNGUEZ / Silvestre GARCÍA DE JALÓN / Vlad MACICASAN / M. Rosa MOSQUERA / Anastasia PANTERA / José Javier SANTIAGO-FREIJANES / Erich SZERENCITS / Mario TORRALBA / Paul J. BURGESS / Felix HERZOG (2019): «Agroforestry is paying — Economic evaluation of ecosystem services in European landscapes with and without agroforestry systems», *Ecosystem Services*, 36, 100896.
- KLINKE, Andreas / Ortwin RENN (2002): «A new approach to risk evaluation and management: risk-based, precaution-based, and discourse-based strategies», *Risk Analysis*, 22:6, 1071-1094.
- KREBS, Patrik / Gianni Boris PEZZATTI / Stefano MAZZOLENI / Lee M. TALBOT / Marco CONEDERA (2010): «Fire regime: history and definition of a key concept in disturbance ecology», *Theory in Biosciences*, 129:1, 53-69.
- LAAKKONEN, Anu / Teppo HUJALA / Jouni PYKÄLÄINEN (2018): «Integrating intangible resources enables creating new types of forest services-developing forest leasing value network in Finland», *Forest Policy Economy*, 99, 157-168.
- LASANTA, Tedoro / Makki KHORCHANIA / Fenando PÉREZ-CABELLO / Pilar ERREA / Raquel SÁENZ-BLANCO / Estela NADAL-ROMERO (2018): «Clearing shrubland and extensive livestock farming: Active prevention to control wildfires in the Mediterranean mountains», *Journal of Environmental Management*, 227, 256-266.
- LIU, Jianguo / Thomas DIETZ / Stephen R. CARPENTER / Marina ALBERTI / Carl FOLKE / Emilio MORÁN / Alice N. PELL / Peter DEADMAN / Timothy KRATZ / Jane LUBCHENC / Elinor OSTROM / Zhiyun

- OUYANG / William PROVENCHER / Carl L. REDMAN / Stephen H. SCHNEIDER / William W. TAYLOR (2007): «Complexity of coupled human and natural systems», *Science*, 317:5844, 1513-1516.
- LLORET Francisco / Juli G. PAUSAS / Montserrat VILÀ (2003): «Response of Mediterranean plant species to different fire regimes in Garraf Natural Park (Catalonia, Spain): field observations and modelling predictions», *Plant Ecology*, 167, 223-235.
- LOEPFE, Lasse / Jordi MARTÍNEZ-VILALTA / Jordi OLIVERES / Josep PIÑOL / Francisco LLORET (2010): «Feedbacks between fuel reduction and landscape homogenization determine fire regimes in three Mediterranean areas», *Forest Ecology and Management*, 259:12, 2366-2374.
- LÓPEZ IGLESIAS, Edelmiro (2018): «Desestructuración del medio rural, usos del suelo y gestión del territorio. El contexto de fondo del problema de los incendios en Galicia», en Francisco Díaz-Fierros Viqueira (coord.), *Incendios forestales: reflexiones desde Galicia*, A Coruña, Hércules de Ediciones, 26-46.
- LÓPEZ IGLESIAS, Edelmiro / Mar PÉREZ FRA (2004): «Axuste agrario e despoboamento rural», *Grial*, 162:XLII, 36-43.
- LUDVIG, Alice / Ivana ZIVOJINOVIC / Teppo HUIJALA (2019): «Social innovation as a prospect for the forest economy: selected examples from Europe», *Forests*, 10, 878.
- MADRIGAL, Javier / Irma FERNÁNDEZ-MIGUELÁÑEZ / Carmen HERNANDO / Mercedes GUIJARRO / Daniel José VEGA-NIEVA / Eduardo TOLOSANA (2017): «Does forest biomass harvesting for energy reduce fire hazard in Mediterranean basin? A case study in Coroig Massif (Eastern Spain)», *European Journal of Forest Research*, 136:1, 13-26.
- MADRIGAL, Javier / Mario ROMERO-VIVÓ / Francisco RODRÍGUEZ y SILVA (eds.) (2019): *Definición y recomendaciones técnicas en el diseño de puntos estratégicos de gestión*, Sociedad Española de Ciencias Forestales / Generalitat Valenciana.
- MANTA, María Isabel / Domingos Xavier VIEGAS (2006): «Efficiency of Two Wildfire Meteorological Risk Indexes in Three Climatic Zones of Spain», en Domingos Xavier Viegas (ed.), *Proceedings of the V International Conference on Forest Fire Research*, Coimbra, Universidade de Coimbra (DOI: 10.1016/j.foreco.2006.08.086).
- MAPAMA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) (s. d.): «Estadísticas de Incendios Forestales», periodo (1968-2015) (https://www.mapa.gob.es/en/desarrollo-rural/estadisticas/Incendios_default.aspx).
- MAREY PÉREZ, Manuel F. (2019): «O eucalipto: problema ou oportunidade», *Recursos Rurais*, 15, 35-42.
- MAREY-PÉREZ, Manuel F. / Verónica RODRÍGUEZ-VICENTE (2008): «Forest transitions in Northern Spain: Local responses on large-scale programmes of field-afforestation», *Land Use Policy*, 26:1, 139-156.
- MAREY-PÉREZ, Manuel Francisco / Emilio Rafael DÍAZ-VARELA / Alexia CALVO-GONZÁLEZ (2015): «Does higher owner participation increase conflicts over common land? An analysis of communal forests in Galicia (Spain)», *iForest*, 8, 533-543.
- MARINO, Eva / Carmen HERNANDO / Rosa PLANELLES / Javier MADRIGAL / Mercedes GUIJARRO / Ana SEBASTIÁN (2014): «Forest fuel management for wildfire prevention in Spain: a quantitative SWOT-analysis», *International Journal of Wildland Fire*, 23:3, 373-384.
- MARINO, Eva / Marta YEBRA / Mariluz GUILLÉN-CLIMENT / Nuur ALGEET / José Luis TOMÉ / Javier MADRIGAL / Mercedes GUIJARRO / Carmen HERNANDO (2020): «Investigating live fuel moisture content estimation in fire-prone shrubland from remote sensing using empirical modelling and RTM Simulations», *Remote Sensing*, 12, 2251.

- MARTÍN-MARTÍN, Carmen / Robert G. H. BUNCE / Santiago SAURA / Elena ROSSELLÓ (2013): «Changes and interactions between forest landscape connectivity and burnt area in Spain», *Ecological Indicators*, 33, 129-138.
- MARTÍNEZ, Jesús / Cristina VEGA-GARCÍA / Emilio CHUVIECO (2009): «Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain», *Journal of Environmental Management*, 90:2, 1241-1252.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, Jesús / Emilio CHUVIECO / Nikos KOUTSIAS (2013): «Modelling long-term fire occurrence factors in Spain by accounting for local variations with geographically weighted regression», *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 311-327.
- MARTÍNEZ DE LA TORRE, Alberto / Gonzalo MÍGUEZ MACHO (2009): «Modelización dun escenario de futuro cambio climático en Galicia», en Vicente Pérez Muñuzuri / Marisa Fernández Cañamero / José Luis Gómez Gesteira (coords.), *Evidencias e impactos do cambio climático en Galicia*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, 543-570.
- MATHER, Alexander S. (1992): «The forest transition», *Area*, 24, 367-379.
- MATHER, Alexander S. / C. L. NEEDLE (1998): «The forest transition: a theoretical basis», *Area*, 30, 117-124.
- MATTHEWS, Stuart (2014): «Dead fuel moisture research: 1991-2012», *International Journal of Wildland Fire*, 23, 78-92.
- MCARTHUR, Alan Grant (1962): *Control Burning in Eucalypt Forests*, Leaflet 80, Canberra, Commonwealth of Australia, Department of National Development, Forestry and Timber Bureau.
- MCARTHUR, Alan Grant (1966): *Weather and Grassland Fire Behaviour*, Leaflet 100, Canberra, Commonwealth of Australia, Department of National Development, Forestry and Timber Bureau.
- MCARTHUR, Alan Grant (1967): *Fire Behaviour in Eucalypt Forests*, Leaflet 107, Canberra, Commonwealth of Australia, Department of National Development, Forestry and Timber Bureau.
- McCAFFREY, Sarah / Eric TOMAN / Melanie STIDHAM / Bruce SHINDLER (2013): «Social science research related to wildfire management: an overview of recent findings and future research needs», *International Journal of Wildland Fire*, 22:1, 15-24.
- McLAUGHLAN, Kendra K. / Phillip E. HIGUERA / Jessica MIESEL / Brendan M. ROGERS / Jennifer SCHWEITZER / Jaquelin SHUMAN *et al.* (2020): «Fire as a fundamental ecological process: Research advances and frontiers», *Journal of Ecology*, 108:5, 2047-2069.
- MERINO, Agustín / María T. FONTÚRBEL / Cristina FERNÁNDEZ / Bruno CHÁVEZ-VERGARA / Felipe GARCÍA-OLIVA / José A. VEGA (2018): «Inferring changes in soil organic matter in post-wildfire soil burn severity levels in a temperate climate», *Science of the Total Environment*, 627, 622-632.
- MILNE, Mary / Helen CLAYTON / Stephen DOVERS / Geoffrey J. CARY (2014): «Evaluating benefits and costs of wildland fires: critical review and future applications», *Environmental Hazards*, 13, 114-132.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION (2019): «Orientaciones estratégicas para la gestión de incendios forestales en España», Comité de Lucha Contra Incendios Forestales.
- MOREIRA, Francisco / Francisco REGO / Paulo G. FERREIRA (2001): «Temporal (1958-1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence», *Landscape Ecology*, 16:6, 557-567.
- MOREIRA, Francisco / Pedro VAZ / Philippe CATRY / Joaquim Sande SILVA (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, Francisco / Olga VIEDMA / Margarita ARIANOUTSOU / Thomas CURT / Nikos KOUTSIAS / Eric RIGOLOTT / Anna BARBATI / Piermaria CORONA / Pedro VAZ / Gavriil XANTHOPOULOS / Florent MOUI-

- LLOT / Ertugrul BILGILI (2011): «Landscape-wildfire interactions in southern Europe: implications for landscape management», *Journal of Environmental Management*, 92:10, 2389-2402.
- MOREIRA, Francisco / Guy PE'ER (2018): «Agricultural policy can reduce wildfires», *Science*, 359:6379, 1001.
- MOREIRA, Francisco / Davide ASCOLI / Hugh SAFFORD / Mark A. ADAMS / José Manuel MORENO / José Miguel C. PEREIRA / Filipe X. CATRY / Juan ARMESTO / William BOND / Mauro E. GONZÁLEZ / Thomas CURT / Nikos KOUTSIAS / Lachie MCCAW / Owen PRICE / Juli PAUSAS / Eric RIGOLOT / Scott STEPHENS / Kagatay TAVSANOGU / V. Ramón VALLEJO / Brian W. VAN WILGEN / Gavriil XANTHOPOUL / Paulo FERNANDES (2019): «Wildfire management in Mediterranean-type regions: paradigm change needed», *Environmental Research Letters*, 15:1, 011001.
- MORENO, José M. / Gonzalo ZAVALA / María MARTÍN / Amparo MILLÁN (2010): «Forest fire risk in Spain under future climate change», en Josef Settele / Lyubomir D. Penev / Teodor A. Georgiev / Ralf Grabbaum / Vesna Grobelnik / Volker Hammen / Stefan Klotz / Mladen Kotarac / Ingolf Kühn (eds.), *Atlas of Biodiversity Risk*, Sofia, Pensoft, 72-73.
- MORENO, M. Vanesa / Emilio CHUVIECO (2013): «Characterising fire regimes in Spain from fire statistics», *International Journal of Wildland Fire*, 22:3, 296-305.
- MORENO, M. Vanesa / Emilio CHUVIECO (2016): «Fire regime characteristics along environmental gradients in Spain», *Forests*, 7:11, 262.
- MORGAN, Penelope / Colin C. HARDY / Thomas SWETNAM; Matthew G. ROLLINS / Donald G. LONG (1999): «Mapping fire regimes across time and space: Understanding coarse and fine-scale fire patterns», *International Journal of Wildland Fire*, 10:3, 329-342.
- MORIONDO, Marco / Peter GOOD / Rita DURÃO / Marco BINDI / Christos GIANNAKOPOULOS / João CORTE-REAL (2006): «Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area», *Climate Research*, 31:1, 85-95.
- MORITZ, Max A. / Enric BATLLORI / Ross A. BRADSTOCK / A. Malcom GILL / John HANDMER / Pul F. HESSBURG / Justin LEONARD / Sarah McCAFFREY / Dennis C. ODION / Tania SCHOENNAGEL / Alexandra D. SHYPPARD (2014): «Learning to coexist with wildfire», *Nature*, 515, 58-66.
- MOSQUERA-LOSADA M. Rosa / José Javier SANTIAGO-FREIJANES / Andrea PISANELLI / Mercedes ROIS / Jo SMITH / Michael DEN HERDER / Gerardo MORENO / Nuria FERREIRO-DOMÍNGUEZ / Nina MALIGNIER / Norbert LAMERSDORF / Fabien BALAGUER / Anastasia PANTERA / Antonio RIGUEIRO-RODRÍGUEZ / José A. ALDREY / Pilar GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ / J. L. FERNÁNDEZ-LORENZO / Rosa ROMERO-FRANCO / Paul J. BURGESS (2018a): «Agroforestry in the European Common Agricultural Policy», *Agroforestry Systems*, 92, 1117-1127.
- MOSQUERA-LOSADA M. Rosa / José Javier SANTIAGO-FREIJANES / Mercedes ROIS-DÍAZ / Gerardo MORENO / Michael DEN HERDER / José A. ALDREY / Nuria FERREIRO-DOMÍNGUEZ / Anastasia PANTERA / Andrea PISANELLI / Antonio RIGUEIRO-RODRÍGUEZ (2018b): «Agroforestry in Europe: a land management policy tool to combat climate change», *Land Use Policy*, 78, 603-613.
- MOSQUERA-LOSADA, M. Rosa / Jim McADAM / Antonio RIGUEIRO-RODRÍGUEZ (eds.) (2005): *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*, Wallingford, CABI Publishing.
- MYERS, Ronald L. (2006): *Living with Fire: Sustaining Ecosystems and Livelihoods through Integrated Fire Management*, Arlington, VA, The Nature Conservancy, Global Fire Initiative.
- NELSON, Ralph M. Jr. (1993): «Byram's derivation of the energy criterion for forest and wildland fires», *International Journal of Wildland Fire*, 3, 131-138.

- NELSON, Ralph M. Jr. (2001): «Water Relations of Forest Fuels», en Edward A. Johnson Forest (ed.), *Fires Behavior and Ecological Effects*, Academic Press, 79-149.
- NORTH, Malcom P. / Scott L. STEPHENS / Bandom M. COLLINS / James K. AGEE / Gregory APLET / Jerry F. FRANKLIN / Peter Z. FULÉ (2015): «Reform forest management to work with fire», *Science*, 18, 1280-1281.
- NUNES, María C. S. / María José VASCONCELOS / José Miguel C. PEREIRA / Nairanjana DASGUPTA / Richard J. ALLDREDG / Francisco C. REGO (2005): «Land cover type and fire in Portugal: do fires burn land cover selectively?», *Landscape Ecology*, 20, 661-673.
- OLIVEIRA, Sandra / Francisco MOREIRA / Ramón BOCA / Jesús SAN-MIGUEL-AYANZ / José Miguel C. PEREIRA (2014): «Assessment of fire selectivity in relation to land cover and topography: a comparison between Southern European countries», *International Journal of Wildland Fire*, 23, 620-630.
- ORTEGA, Marta / Santiago SAURA / Sergio GONZÁLEZ-ÁVILA / Valentín GÓMEZ / Ramón ELENA-ROSSELLÓ (2012): «Landscape vulnerability to wildfires at the forest-agriculture interface: half-century patterns in Spain assessed through the SISPARES monitoring framework», *Agroforestry Systems*, 85, 331-349.
- PAIS, Silvana / Núria AQUILUÉ / João CAMPOS / Ângelo SIL / Bruno MARCOS / Fernando MARTÍNEZ-FREIRÍA / Jesús DOMÍNGUEZ / Lluís BROTONS / João P. HONRADO / Adrián REGOS (2020): «Mountain farmland protection and fire-smart management jointly reduce fire hazard and enhance biodiversity and carbon sequestration», *Ecosystem Services*, 44, 101143.
- PALAIIOLOGOU, Palaiologos / Kostas KALABOKIDIS / Alan A. AGER / Michelle A. DAY (2020): «Development of comprehensive fuel management strategies for reducing wildfire risk in Greece», *Forests*, 11, 789.
- PALETTO, Alessandro / Iliaria BIANCOLILLO / Jacques BERSIER / Michael KELLER / Manuela ROMAGNOLI (2020): «A literature review on forest bioeconomy with a bibliometric network analysis», *Journal of Forest Science*, 66, 265-279.
- PARDELLAS SANTIAGO, Miguel / Maria Conceição COLAÇO / Francisco CASTRO REGO / Pablo Ángel MEIRA CARTEA (2018): «El reto educativo de los incendios forestales. De la percepción social del riesgo a la acción comunitaria», en Francisco Díaz-Fierros Viqueira (coord.), *Incendios forestales: reflexiones desde Galicia*, A Coruña, Hércules de Ediciones, 176-196.
- PARLAMENTO DE GALICIA (2018): «Reunión da Comisión especial de estudo e análise das reformas da política forestal, de prevención e extinción de incendios forestais e Plan forestal de Galicia, avaliando a experiencia acumulada dende 2006 e, especificamente, a extraordinaria vaga de lumes que vén de sufrir Galicia en outubro de 2017», Santiago de Compostela.
- PATON, Douglas / Petra T. BUERGELT / Fantina TEDIM / Sarah McCaffrey (2015): «Wildfires: international perspectives on their socio-ecological implications», en D. Paton / P. T. Buergelt / S. M. McCaffrey / F. Tedim (eds.), *Wildfire Hazards, Risks, and Disasters*, Oxford, Elsevier, 1-14.
- PAUSAS, Juli G. (1999): «The response of plant functional types to changes in fire regime in Mediterranean ecosystems. A simulation approach», *Journal of Vegetation Science*, 10, 717-722.
- PAUSAS, Juli G. / Carmen BLADÉ / Alejandro VALDECANTOS / José P. SEVA / David FUENTES / José A. ALLOZA / Alberto VILAGROSA / Suasana BAUTISTA / Jordi CORTINA / Ramón VALLEJO (2004): «Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: new perspectives for an old practice – a review», *Plant Ecology*, 171, 209-220.
- PAUSAS, Juli G. / Jon E. KEELEY (2009): «A burning story: the role of fire in the history of life», *BioScience*, 59, 593-601.

- PAUSAS, Juli G. / Jon E. KEELEY (2019a): «Wildfires as an ecosystem service», *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17, 289-295.
- PAUSAS, Juli G. / Jon E. KEELEY (2019b): «Wildfires misunderstood», *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17, 430-431.
- PAUSAS, Juli G. / William J. BOND (2020). «Alternative biome states in terrestrial ecosystems», *Trends in Plant Science*, 25:3, 250-263.
- PAZOS LAMOSO, Manuel Ángel / Xosé Manuel PALMEIRO RAMOS / Diego CONDE GÓMEZ (2018): «Del minifundio al megaincendio. Transiciones, rupturas y nuevos retos cara a un desarrollo sostenible en el medio rural gallego», *Sémata: Ciencias Sociais e Humanidades*, 30, 339-357.
- PEREIRA, Mário G. / Ricardo M. TRIGO / Carlos DA CÂMARA / José M. C. PEREIRA / Solange M. LEITE (2005): «Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal», *Agricultural and Forest Meteorology*, 129, 11-25.
- PÉREZ PEREIRO, Marta / María Ángeles CHAPARRO DOMÍNGUEZ / Jesús DÍAZ DEL CAMPO LOZANO (2018). «La cobertura periodística de los incendios de Galicia y Portugal de octubre de 2017: Un análisis de la información de emergencia de diarios portugueses, españoles y gallegos», *Estudos em Comunicação*, 1:26, 197-213.
- PICOS, Juan / Laura ALONSO / Guillermo BASTOS / Julia ARMESTO (2019) «Event-based integrated assessment of environmental variables and wildfire severity through Sentinel-2 Data», *Forests*, 10, 1021.
- PICOS, Juan (coord.) (2018): *Xera: La Cadena Forestal - Madera en Galicia 2017*, Axencia Galega da Industria Forestal, Consellería de Economía e Industria, Xunta de Galicia / Universidade de Vigo.
- PICOS MARTÍN, Juan (2018): «Selvicultura preventiva», en Francisco Díaz-Fierros Viqueira (coord.), *Incendios forestales: reflexiones desde Galicia*, A Coruña, Hércules de Ediciones, 92-115.
- PIÑOL, Josep / Marc CASTELLNOU / Keith BEVEN (2007): «Conditioning uncertainty in ecological models: Assessing the impact of fire management strategies», *Ecological Modelling*, 207, 34-44.
- PLANTON, Serge / Michel DÉQUÉ / Fabrice CHAUVIN / Laurent TERRAY (2008): «Expected impacts of climate change on extreme climate events», *Geoscience*, 340, 564-574.
- PODUR Justin / Mike WOTTON (2010): «Will climate change overwhelm fire management capacity?», *Ecological Modelling*, 221, 1301-1309.
- PONTE, Emmanuel da / Sergi COSTAFREDA-AUMEDES / Cristina VEGA-GARCÍA (2019): «Lessons learned from arson wildfire incidence in reforestations and natural stands in Spain», *Forests*, 10:3, 229.
- PRESTEMON, Jeffrey P. / María Luisa CHAS-AMIL / Julia TOUZA / Scott L. GOODRICK (2012): «Forecasting intentional wildfires using temporal and spatio-temporal autocorrelations», *International Journal of Wildland Fire*, 21, 743-754.
- PRIOR, Tim / Christine ERIKSEN (2013): «Wildfire preparedness, community cohesion and social-ecological systems», *Global Environmental Change*, 23, 1575-1586.
- PYNE, Stephen J. (2000): *Vestal Fire: An Environmental History, Told through Fire, of Europe and Europe's Encounter with the World*, Seattle, WA, University of Washington Press.
- PYNE, Stephen J. (2007): «Problems, paradoxes, paradigms: triangulating fire research», *International Journal of Wildland Fire*, 16:3, 271-276.
- PYNE, Stephen J. (2015): «The New Approach to Fighting Wildfires» (<https://slate.com/technology/2015/07/box-and-burn-the-new-approach-to-fighting-wildfires.html>).
- PYNE, Stephen J. (2020): «Our Burning Planet: Why We Must Learn to Live With Fire» (<https://e360.yale.edu/features/our-burning-planet-why-we-must-learn-to-live-with-fire>).

- PYNE, Stephen J. / Patricia L. ANDREWS / Richard D. LAVEN (1996): *Introduction to wildland fire*, segunda edición, New York, John Wiley & Sons.
- QUÍLEZ, Raúl / LUZ Valbuena / Jordi VENDRELL / Kathleen UYTEWAAL / Joaquín RAMÍREZ (2020): «Establishing propagation nodes as a basis for preventing large wildfires: the proposed methodology», *Frontiers in Forest and Global Change*, 3, 548799.
- REGO, Francisco C. / Joaquim SANDE SILVA (2014): «Wildfires and landscape dynamics in Portugal: a regional assessment and global implications», en J. C. Azevedo *et al.* (eds.), *Forest Landscapes and Global Change: Challenges for Research and Management*, Springer, 51-73.
- REGOS, Adrián / Jesús DOMÍNGUEZ / Asunción GIL-TENA / Lluís BROTONS / Miquel NINYEROLA / Xavier PONS (2014): «Rural abandoned landscapes and bird assemblages: winners and losers in the rewilding of a marginal mountain area (NW Spain)», *Regional Environmental Change*, 16, 199-211.
- REGOS, Adrián / Miquel NINYEROLA / Gerard MORÉ / Xavier PONS (2015): «Linking land cover dynamics with driving forces in mountain landscape of the Northwestern Iberian Peninsula», *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 38, 1-14.
- RENN, Ortwin (2008): *Risk Governance: Coping with Uncertainty in a Complex World*, London, Earthscan.
- RESCO DE DIOS, Víctor (2020): «Environmental Plant Responses and Wildland Fire Danger», en Víctor Resco de Dios, *Plant-Fire Interactions. Managing Forest Ecosystems*, Springer, 75-92.
- RICO BOQUETE, Eduardo (1994): *Política forestal e repoboacións en Galicia, 1941-1971*, Santiago de Compostela, Universidade.
- RICO BOQUETE, Eduardo (2000): «Política forestal y conflictividad social en el Noroeste de España durante el primer franquismo, 1939-1959», *Historia Social*, 38, 117-140.
- RICO BOQUETE, Eduardo (2018): «Los incendios y la repoblación forestal pública en Galicia, 1909-1975», en Francisco Díaz-Fierros Viqueira (coord.), *Incendios forestales: reflexiones desde Galicia*, A Coruña, Hércules de Ediciones, 48-67.
- RIGUEIRO, Antonio / M. Rosa MOSQUERA / M. Luisa LÓPEZ / J. C. PASTOR / M. Pilar GONZÁLEZ HERNÁNDEZ / R. ROMERO / Juan José VILLARINO ÚRTIA (2002): «Reducción del riesgo de incendios forestales mediante el pastoreo del caballo gallego de monte», *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 14, 115-117.
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, Antonio / M. Rosa MOSQUERA-LOSADA / M. Luisa LÓPEZ (1999): «Silvopastoral systems in prevention of forest fires in the forests of Galicia (NW Spain)», *Agroforestry Forum*, 9:3, 3-8.
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, Antonio / Jim MCADAM / M. Rosa MOSQUERA-LOSADA (eds.) (2009): *Agroforestry in Europe: current status and future prospects*, Dordrecht, Springer.
- RÍOS-PENA, Laura / Thomas KNEIB / Carmen CADARSO-SUÁREZ / Manuel MAREY-PÉREZ (2017): «Predicting the occurrence of wildfires with binary structured additive regression models», *Journal of Environmental Management*, 187, 154-165.
- RODRIGO, Anselm / Javier RETANA / F. Xavier PICÓ (2004): «Direct regeneration is not the only response of Mediterranean forests to large fires», *Ecology*, 85, 716-729.
- RODRIGUES, Marcos / Juan DE LA RIVA (2014): «An insight into machine-learning algorithms to model human-caused wildfire occurrence», *Environmental Modelling and Software*, 57, 192-201.
- RODRIGUES, Marcos / Adrián JIMÉNEZ-RUANO / Juan DE LA RIVA (2019a): «Fire regime dynamics in mainland Spain. Part 1: Drivers of change», *Science of The Total Environment*, 721, 135841.
- RODRIGUES, Marcos / Fermín ALCASENA / Cristina VEGA-GARCÍA (2019b): «Modeling initial attack success of wildfire suppression in Catalonia, Spain», *Science of Total Environment*, 666, 915-927.

- RODRIGUES, Marcos / Fermín ALCASENA / Pere GELABERT / Cristina VEGA-GARCÍA (2020): «Geospatial Modeling of Containment probability for escaped wildfires in a Mediterranean region», *Risk Analysis*, 40:9, 1762-1779.
- RODRÍGUEZ y SILVA, Francisco / Juan Ramón MARTÍNEZ MOLINA / Armando GONZÁLEZ-CABÁN (2014): «A methodology for determining operational priorities for prevention and suppression of wildland fires», *International Journal of Wildland Fire*, 23:4, 544-554.
- ROOS, Christopher I. / Andrew C. SCOTT / Claire M. BELCHER / William G. CHALONER / Jonathan AYLEN / Rebecca Bliege BIRD / Michael R. COUGHLAN / Bart R. JHONSON / Fay H. JOHNSTON / Julia MCMORROW / Toddy STEELMAN / The Fire and Mankind Discussion Group (2016): «Living on a flammable planet: interdisciplinary, cross scalar and varied cultural lessons, prospects and challenges», *Philosophical Transactions Royal Society*, B 371:20150469.
- ROTHERMEL, Richard C. (1983): *How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires*, General Technical Report INT-143, Ogden, UT, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- ROTHERMEL, Richard C. (1991): *Predicting Behavior and Size of Crown Fires in the Northern Rocky Mountains*, Research Paper INT-438, Ogden, UT, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station.
- ROTHERMEL, Richard C. / Ralph A. WILSON / Glen A. MORRIS / Stephen S. SACKETT (1986): *Modeling moisture content of fine dead wildland fuels: input to the BEHAVE fire prediction system*, Research Paper INT-359, Ogden, UT, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station.
- RUDEL, Thomas K. / Oliver T. COOMES / Emilio MORÁN / Frederic ACHARD / Arild ANGELSEN / Jianchu XU / Eric LAMBIN (2005): «Forest transitions: towards a global understanding of land use change», *Global Environmental Change*, 15:1, 23-31.
- RUDEL, Thomas K. / Laura SCHNEIDER / María URIARTE (2010): «Forest transition: an introduction», *Land Use Policy*, 27:2, 95-99.
- RUIZ-GONZÁLEZ, Ana D. / José A. VEGA (2007): *Modelos de predicción de la humedad de los combustibles muertos: fundamentos y aplicación*, Madrid, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimenticia. (Monografías INIA: Serie Forestal, 15).
- RUIZ-MIRAZO, Jabier / Ana Belén ROBLES / José Luis GONZÁLEZ-REBOLLAR (2011): «Two-year evaluation of fuelbreaks grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain)», *Agriculture Ecosystems and Environment*, 141, 13-22.
- S/A (2019): «The Complexities of Wildfires», *Nature Geoscience*, 12, 81.
- SALIS, Michele / Liliana DEL GUIDICE / Bachisio ARCA / Alan A. AGER / Fermín ALCASENA-URDÍROZ / Olga LOZANO / Valentina BACCIU / Donatella SPANO / Pierpaolo DUCE (2018): «Modeling the effects of different fuel treatment mosaics on wildfire spread and behavior in a Mediterranean agro-pastoral area», *Journal of Environmental Management*, 212, 490-505.
- SAN-MIGUEL-AYANZ, Jesús / José Manuel MORENO / Andrea CAMIA (2013): «Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives», *Forest Ecology and Management*, 294, 11-22.
- SAN-MIGUEL-AYANZ, Jesús / Tracy DURRANT / Roberto BOCA / Giorgio LIBERTÀ / Alfredo BRANCO / Daniele DE RIGO / Davide FERRARI / Perialberto MAIANTI / Tomàs ARTÉS VIVANCOS / Hugo COSTA /

- Fabio LANA / Peter LÖFFLER / Daniel NUIJTEN / Anders Christofer AHLGREN / Thais LERAY (2018): *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2017*, UE JRC, Ispra, Italy (DOI: 10.2760/663443).
- SCHMIDT, David A. / Alan H. TAYLOR / Carl N. SKINNER (2008): «The influence of fuels treatment and landscape arrangement on simulated fire behavior, Southern Cascade Range, California», *Forest Ecology and Management*, 255, 3170-3184.
- SCHOENNAGEL, Tania / Jennifer K. BALCH / Hannah BRENKERT-SMITH / Philip E. DENNISON, Brian J. HARVEY / Meg A. KRAWCHUK / Nathan MIETKIEWICZ / Penelope MORGAN / Max A. MORITZ / Ray RASKER / Monica G. TURNER / Cathy WHITLOCK (2017): «Adapt to more wildfire in western North American forests as climate changes», *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 114, 4582-4590.
- SCOTT, Andrew C. (2018): *Burning Planet: The Story of Fire through Time*, Oxford, Oxford University Press.
- SCOTT, Andrew C. / David M. J. S. BOWMAN / William J. BOND / Stephen J. PYNE / Martin E. ALEXANDER (2014): *Fire on earth: an introduction*, Chichester (UK), Wiley-Blackwell.
- SEIJO, Francisco (2005): «The Politics of Fire: Spanish Forest Policy and Ritual Resistance in Galicia, Spain», *Environmental Politics*, 14:3, 380-402.
- SEIJO, Francisco (2009): «Who Framed the Forest Fire? State Framing and Peasant Counter-Framing of Anthropogenic Forest Fires in Spain Since 1940», *Journal of Environmental Policy and Planning*, 11:2, 103-128.
- SEIJO, Francisco / Robert GRAY (2012): «Pre-industrial anthropogenic fire regimes in transition: the case of Spain and its implications for fire governance in Mediterranean type biomes», *Human Ecology Review*, 19:1, 58-69.
- SIL, Ângelo / João C. AZEVEDO / Paulo FERNANDES / Adrián REGOS / Ana S. VAZ / João P. HONRADO (2019a): «(Wild)fire is not an ecosystem service», *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17, 429-430.
- SIL, Ângelo / Paulo FERNANDES / Ana Paula RODRIGUES / Joaquim M. ALONSO / João P. HONRADO / Ajith PERERA / João C. AZEVEDO (2019b): «Farmland abandonment decreases the fire regulation capacity and the fire protection ecosystem service in mountain landscapes», *Ecosystem Services*, 36, 100908.
- SINEIRO GARCÍA, Francisco (2006): «As causas estruturais dos incendios forestais en Galicia», en Francisco Díaz-Fierros / Plácido Baamonde (coords.), *Os incendios forestais en Galicia*, Santiago de Compostela, Consello da Cultura Galega, 77-92.
- SMITH, Jo (2010): *Agroforestry: Reconciling Production with protection of the environment. A Synopsis of Research Literature*, The Organic Research Centre, Elm Farm, Hamstead Marshall, Newbury, Berkshire.
- SMITH, Melinda D. (2011): «An ecological perspective on extreme climatic events: a synthetic definition and framework to guide future research», *Journal of Ecology*, 99, 656-663.
- SNEEUWJAGT, Richard J. / George B. PEET (1985): *Forest Fire Behaviour Tables for Western Australia*, Perth, Western Australia, Department of Conservation and Land Management.
- SOBRINO, Jose Antonio / Rafel LLORENS / Cristina FERNÁNDEZ / José M. FERNÁNDEZ-ALONSO / José Antonio VEGA (2019): «Relationship between soil burn severity in forest fires measured in situ and through spectral indices of remote detection», *Forests*, 10:5, 457.
- SOUSA, Pedro M. / Ricardo M. TRIGO / Mário G. PEREIRA / Joaquín BEDÍA / José M. GUTIÉRREZ (2015): «Different approaches to model future burnt area in the Iberian Peninsula», *Agricultural and Forest Meteorology*, 202, 11-25.
- SPIES, Thomas A. / Eric M. WHITE / J. D. KLINE / A. Paige FISCHER / Alan AGER / John BAILEY / John BOLTE / Jennifer KOCH / Emily PLATT / Chritine S. OLSEN / Derric JACOBS / Shindler BRUCE / Michelle

- M. STEEM-ADAMS / Roger HAMMER (2014): «Examining fire-prone forest landscapes as coupled human and natural systems», *Ecology and Society*, 19:3, art. 9.
- STEELMAN, Toddi A. (2016): «US wildfire governance as social-ecological problem», *Ecology and Society*, 21:4, art. 3.
- STEELMAN Toddi A. / Sarah McCAFFREY (2011): «What is limiting more flexible fire management: public or agency pressure?», *Journal of Forestry*, 109:8, 454-461.
- STEVENS-RUMANN, Camile S. / Kerry B. KEMP / Phillip E. HIGUERA / Brian J. HARVEY / Monica T. ROTHER / Daniel C. DONATO / Penelope MORGAN / Thomas T. VEBLEN (2018): «Evidence for declining forest resilience to wildfire under climate change», *Ecology Letters*, 21, 243-252.
- TÁBARA, David / David SAURI / Rufi CERDAN (2003): «Forest fire risk management and public participation in changing socio-environmental conditions: A case study in a Mediterranean region», *Risk Analysis*, 23, 249-260.
- TABOADA, Ángela / Reyes TÁRREGA / Elena MARCOS / Luz VALBUENA / Susana SUÁREZ-SEOANE / Leonor CALVO (2017): «Recruitment and growth by altering plant interactions in fire-prone ecosystems», *Forest Ecology and Management*, 402, 63-75.
- TEDIM, Fantina / Vittorio LEONE / Gavriil XANTHOPOULOS (2015): «Wildfire risk management in Europe: the challenge of seeing the “forest” and not just the “trees”», en *Proceedings of the 13th International Wildland Fire Safety Summit & 4th Human Dimensions of Wildland Fire, Managing Fire, Understanding Ourselves: Human Dimensions in Safety and Wildland Fire*, Missoula, MT, International Association of Wildland Fire, 213-238.
- TEDIM, Fantina / Vittorio LEONE / Gavriil XANTHOPOULOS (2016): «A wildfire risk management concept based on a social-ecological approach in the European Union: fire Smart Territory», *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 18, 138-153.
- TEDIM, Fantina / Vittorio LEONE (2017): «Enhancing resilience to wildfire disasters: from the “war against fire” to “coexist with fire”», en D. Paton / D. Johnston (eds.), *Disaster resilience: an integrated approach*, Springfield, IL, US, Charles C Thomas Publisher, 362-383.
- TEDIM, Fantina / Vittorio LEONE / Malik AMRAOUI / Christophe BOUILLON / Micahel C. COUGHLAN / Giuseppe DELOGU / Paulo FERNANDES / Carmen FERREIRA / Sarah McCAFFREY / Tara K. MCGEE / Joana PARENTE / Douglas PATON / Mario G. PEREIRA / Luis M. RIBEIRO / Domingos X. VIEGAS / Gavriil XANTHOPOULOS (2018): «Defining extreme wildfire events: difficulties, challenges, and impacts», *Fire*, 1:1, 9.
- TEDIM, Fantina / Sarah M. McCAFFREY / Vittorio LEONE / Giuseppe M. DELOGU / Marc CASTELLNOU / Tara K. MCGEE / José ARANHA (2019): «What can we do differently about the extreme wildfire problem: an overview», en F. Tedim / V. Leone / T. McGee (eds.), *Extreme wildfires and disasters*, Elsevier, 233-263.
- TEDIM, Fantina / Vittorio LEONE (2020): «The dilemma of wildfire definition: what it reveals and what it implies», *Frontiers in Forest and Global Change*, 3:553116.
- THOMPSON, Matthew P. / Christopher DUNN / Dave CALKIN (2015): «Wildfires: systemic change required», *Science*, 350:6263, 920.
- THOMPSON, Matthew P. / Phil BOWDEN / April BROUGH / Joe H. SCOTT / Julie GILBERTSON-DAY / Alan TAYLOR / Jennifer ANDERSON / Jessica HAAS (2016): «Application of wildfire risk assessment results to wildfire response planning in the southern Sierra Nevada, California, USA», *Forests*, 7:3, 64.

- THOMPSON, Matthew P. / Donald G. MCGREGOR / Christopher J. DUNN / David E. CALKIN / J. PHIPPS (2018a): «Rethinking the wildland fire management system», *Journal of Forestry*, 116, 382-390.
- THOMPSON Matthew P. / Zhiwei LIU / Yu WEI / Michael D. CAGGIANO (2018b): «Analyzing wildfire suppression difficulty in relation to protection demand», *Environmental Risks*, Chapter 3, 45-64, London, IntechOpen.
- THOMPSON, Matthew P. / Yu WEI / David E. CALKIN / Christopher D. O'CONNOR / Christopher J. DUNN / Nathaniel M. ANDERSON / John S. HOGLAND (2019): «Risk Management and Analytics in Wildfire Response», *Current Forestry Reports*, 5, 226-239.
- TRIGO, Ricardo M. / Pedro M. SOUSA / Mário G. PEREIRA / Domingo RASILLA / Célia M. GOUVEIA (2013): «Modelling wildfire activity in Iberia with different atmospheric circulation weather types», *International Journal of Climatology*, 36:7, 2761-2778.
- TURCO, Marco / Jost VON HARDENBERG / Amir AGHA KOUCHAK / María del Carmen LLASAT / Antonello PROVENZALE / Ricardo M. TRIGO (2017): «On the key role of droughts in the dynamics of summer fires in Mediterranean Europe», *Scientific Reports*, 7:1, 81:1-81:10.
- TURCO, Marco / Juan José ROSA-CÁNOVAS / Joaquín BEDÍA / Sonia JEREZ / Juan Pedro MONTÁVEZ / María Carmen LLASAT / Antonello PROVENZALE (2018): «Exacerbated fires in Mediterranean Europe due to anthropogenic warming projected with non-stationary climate-fire models», *Nature Communications*, 9:1, 1-9.
- TURNER, Monica G. / William H. ROMME (1994): «Landscape dynamics in crown fire ecosystems», *Landscape Ecology*, 9, 59-77.
- URBIETA, Itziar R. / Gonzalo ZAVALA / Joaquín BEDÍA / José Manuel GUTIÉRREZ / Jesús SAN MIGUEL-AYANZ / Andrea CAMIA / Jon E. KEELEY / José M. MORENO (2015): «Fire activity as a function of fire-weather seasonal severity and antecedent climate across spatial scales in southern Europe and Pacific western USA», *Environmental Research Letters*, 10:11, 114013.
- VALLEJO, Vicente R. / José A. ALLOZA (1998): «The restoration of burned lands: the case of Eastern Spain», en J. M. Moreno (ed.), *Large Forest Fires*, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 91-108.
- VALLEJO Vicente R. / James ARONSON / Juli G. PAUSAS / Jordi G. CORTINA (2004): «Restoration of Mediterranean Woodlands», en J. van Andel / J. Aronson (eds.), *Restoration Ecology from a European Perspective*, Chapter 14, Blackwell Science.
- VAN WAGNER, Carol E. (1987): *Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System*, Ottawa, ON, Canadian Forestry Service. (Forestry Technical Report, 35).
- VEGA, José A. / Jean Charles VALETTE / Francisco REGO / Carmen Hernando LARA / Dominique GILLON / João VENTURA / Salvador BARA / Veronique GOMENDY / Herminio BOTELHO / Mercedes GUIJARRO / C. HOUSSARD / Luis RUAS / Pedro CUIÑAS / Jean MARECHAL / José MENDES-LOPES / Ramón DÍEZ / Paulo FERNANDES / Juan A. SANTOS / María J. ROZADOS / M. Carmen BELOSO (1994): «Forest fire prevention through prescribed burning: an international cooperative project carried out in the European STEP program», en Domingos Xavier Viegas (ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Forest Fire Research*, 21-24 November 1994, Coimbra, Portugal, 75-84.
- VEGA, José A. / Pedro CUIÑAS / M^a Teresa FONTÚRBEL / Cristina FERNÁNDEZ (2000a): «Planificar la prescripción para reducir combustibles y disminuir el impacto sobre el suelo en las quemadas prescritas», *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 9, 189-198.

- VEGA, José A. / Pedro CUIÑAS / M. Teresa FONTÚRBEL / Cristina FERNÁNDEZ (2000b): «Planificar la prescripción para reducir combustibles y disminuir el impacto sobre el suelo en las quemas prescritas», *Cuad. Soc. Esp. Cienc. Forestales*, 9, 189-198.
- VEGA, José A. / Pedro PÉREZ-GOROSTIAGA / Pedro CUIÑAS / Teresa FONTÚRBEL / Cristina FERNÁNDEZ (2001): *Manual de queima prescrita para matogueiras de Galicia*, Consellería de Medio Ambiente, Xunta de Galicia.
- VEGA, José A. / Cristina FERNÁNDEZ / Pedro PÉREZ-GOROSTIAGA / Teresa FONTÚRBEL (2008): «The influence of fire severity, serotiny, and post-fire management on *Pinus pinaster* Ait. recruitment in three burnt areas in Galicia (NW Spain)», *Forest Ecology and Management*, 256, 1596-1603.
- VEGA, José A. / Cristina FERNÁNDEZ / Enrique JIMÉNEZ / Ana D. RUIZ (2009a): «Impacto dun escenario de cambio climático sobre o perigo de incendios forestais en Galicia», en Vicente Pérez Muñuzuri / Marisa Fernández Cañamero / José Luis Gómez Gesteira (coords.), *Evidencias e impactos do cambio climático en Galicia*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, 583-607.
- VEGA, José A. / Cristina FERNÁNDEZ / Enrique JIMÉNEZ / Ana D. RUIZ (2009b): «Evidencias de cambio climático en Galicia a través das tendencias dos índices de perigo de incendios forestais», en Vicente Pérez Muñuzuri / Marisa Fernández Cañamero / José Luis Gómez Gesteira (coords.), *Evidencias e impactos do cambio climático en Galicia*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, 173-194.
- VEGA, José A. / Cristina FERNÁNDEZ / Pedro PÉREZ-GOROSTIAGA / María Teresa FONTÚRBEL (2010a): «Response of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) recruitment to fire severity and post-fire management in a coastal burned area in Galicia (NW Spain)», *Plant Ecology*, 206, 297-308.
- VEGA, José A. / María T. FONTÚRBEL / Cristina FERNÁNDEZ / Pedro PÉREZ-GOROSTIAGA / Enrique JIMÉNEZ (2010b): *Selvicultura preventiva de incendios forestales en formaciones de matorral del noroeste de España: análisis comparativo de la eficacia de los tratamientos y de los efectos edáficos producidos*, Centro de Investigación Forestal Lourizán, Xunta de Galicia.
- VEGA, José A. / Teresa FONTÚRBEL / Cristina FERNÁNDEZ / Antonio ARELLANO / Montserrat DÍAZ-RAVIÑA / M^a Tarsy CARBALLAS / Ángela MARTÍN / Serafín GONZÁLEZ-PIRETO / Agustín MERINO / Elena BENITO (2013a): *Acciones urgentes contra la erosión en áreas forestales quemadas: guía para su planificación en Galicia*, Xunta de Galicia / Ministerio de Economía y Competitividad.
- VEGA, José A. / Teresa FONTÚRBEL / Agustín MERINO / Cristina FERNÁNDEZ / Andrea FERREIRO / Enrique JIMÉNEZ (2013b): «Testing the ability of visual indicators of soil burn severity to reflect changes in soil chemical and microbial properties in pine forests and shrubland», *Plant and Soil*, 369:1-2, 73-91.
- VEGA, José A. / Ricardo VÉLEZ (eds.) (2000): «Taller sobre Empleo de Quemadas Prescritas», Pontevedra, Sociedad Española de Ciencias Forestales, 283 pp. ISSN 1575-2410.
- VEGA HIDALGO, José Antonio (2003): «Regeneración del género *Pinus* tras incendios», *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 15, 59-68.
- VEGA HIDALGO, José Antonio (2015): «Nuevos retos y oportunidades de mejora en la lucha contra incendios forestales y sus consecuencias», *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 39, 73-95.
- VÉLEZ, Ricardo (1986): «Incendios forestales y su relación con el medio rural», *Revista de Estudios Agrosciales*, 136, 195-224.
- VÉLEZ, Ricardo (1991): «Los incendios forestales y la política forestal», *Revista de Estudios Agrosociales*, 158, 83-105.
- VÉLEZ, Ricardo (2005): *La población rural en la prevención de incendios forestales*, Documento de Trabajo sobre Protección Forestal FFM/4/E, Roma, FAO.

- VÉLEZ, Ricardo (2009): «Cambio global e incendios forestales: perspectivas en la Europa Meridional», *Recursos Rurais*, 5, 49-54.
- VIEGAS, Domingos X. / Raul M. REIS / Miguel G. CRUZ / Maria T. VIEGAS (2004): «Calibração do Sistema Canadiao de Perigo de Incêndio para Aplicação em Portugal», *Silva Lusitana*, 12:1, 77-93.
- VILAR DEL HOYO, Lara / Pilar MARTÍN / Andrea CAMIA (2009): «Analysis of human-caused wildfire occurrence and land use changes in France, Spain and Portugal», en Emilio Chuvieco / Rosa Lasaponara (eds.), *Proceedings of the VII International EARSeL Workshop – Advances on Remote Sensing and GIS Applications in Forest Fire Management*, Potenza, Italy, 85-89.
- VINEY, Neil R. / Thomas J. HATTON (1989): «Assessment of existing fine fuel moisture models applied to *Eucalyptus* litter», *Australian Forestry* 52:2, 82-93.
- WEI, Yu (2012): «Optimize landscape fuel treatment locations to create control opportunities for future fires», *Canadian Journal of Forest Research*, 42, 1002-1014.
- WEI, Yu / Douglas B. RIDEOUT / Andrew G. KIRSCH (2008): «An optimization model for locating fuel treatments across a landscape to reduce expected fire losses», *Canadian Journal of Forest Research*, 38, 868-877.
- WILDLAND FIRE LEADERSHIP COUNCIL (2014): *The National Strategy: The Final Phase in the Development of the National Cohesive Wildland Fire Management Strategy*, Washington, DC.
- WOLFSLEHNER, Bernhard / Stefanie LINSER / Helga PÜLZL / Annemarie BASTRUP-BIRK / Andrea CAMIA / Marco MARCHETTI (2016): *Forest bioeconomy – a new scope for sustainability indicators*, From Science to Policy 4, European Forest Institute.
- WOTTON, B. Michael (2008): «Interpreting and using outputs from the Canadian Forest Fire Danger Rating System in research applications», *Environmental and Ecological Statistics*, 16:2, 107-131.
- XANTHOPOULOS, Gavriil (2008): «People and the Mass Media during the fire disaster days of 2007 in Greece», *The International Bushfire Research Conference Adelaide*, Australia.
- XANTHOPOULOS, Gavriil / Vittorio, LEONE / Giuseppe M. DELOGU (2019): «The suppression model fragilities: The “firefighting trap”», en F. Tedim / V. Leone / T. McGee (eds.), *Extreme Wildfire Events and Disasters Root Causes and New Management Strategies*, Elsevier, 135-153.
- XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DO MEDIO RURAL (2019): *PLADIGA 2019*, Santiago de Compostela.
- YEBRA, Marta / Philip E. DENNISON / Emilio CHUVIECO / David RIAÑO / Philip ZYLSTRA / E. Raymond HUNT / F. Mark DANSON / Yi QI / Sara JURDAO (2013): «A global review of remote sensing of live fuel moisture content for fire danger assessment: Moving towards operational products», *Remote Sensing of Environment*, 136, 455-468.