



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-429

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

La interfaz urbano-forestal: efecto de la cobertura del suelo en el riesgo de incendio

CALVIÑO CANCELA, M.¹, CHAS AMIL, M.L.², GARCIA MARTINEZ, E.³ y TOUZA, J.⁴

¹ Departamento de Ecoloxía e Bioloxía Animal. Universidade de Vigo.

² Departamento de Economía Cuantitativa. Universidade de Santiago de Compostela.

³ Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza.

⁴ Environment Department, University of York.

Resumen

La interfaz urbano-forestal (IUF), área donde las infraestructuras humanas se encuentran próximas a superficies forestales, es de un enorme interés para la prevención y gestión de los espacios habitados con alto riesgo de incendio ya que la IUF se relaciona con un incremento del peligro de incendio forestal negligente o intencionado; y con una mayor vulnerabilidad a los incendios. En esta comunicación evaluamos el efecto de las áreas de IUF en la ocurrencia de incendios prestando especial atención a su interacción con la cobertura del suelo (LULC) y sus causas. Para ello, utilizamos 26.838 puntos coincidentes con las localizaciones de todos los incendios registrados en el periodo 2006-2011 en Galicia, y comparamos la ocurrencia de incendio en relación a las variables mencionadas con un random model, utilizando una aproximación de Montecarlo. Nuestros resultados muestran un mayor riesgo de incendio en IUF, pero menor riesgo de propagación del fuego. Asimismo encontramos que la mayor parte de las coberturas del suelo presentan un mayor riesgo de ignición dentro del IUF, muy especialmente las plantaciones forestales. Los bosques nativos, sin embargo, presentan el riesgo más bajo de incendio.

Palabras clave

Incendios forestales, Galicia, causas, usos del suelo, IUF

1. Introducción

Las interfaces urbano-forestales (IUF) son áreas donde se entremezclan el desarrollo urbano y las superficies forestales, por lo que la interacción entre las actividades humanas y el medio natural es especialmente intensa. El momento y lugar en el que ocurren los incendios forestales es el resultado de complejas interacciones entre factores humanos y naturales (clima, topografía y tipo de uso de la tierra/cobertura del suelo (LULC)) (MOREIRA et al. 2011). Se ha demostrado que el LULC tiene un papel clave en el riesgo de incendio (BAJOCCO & RICOTTA 2008, CARMO et al 2011), observándose una preferencia del fuego por determinadas LULC (PEREIRA et al 2014, REGO Y SILVA 2014). Conocer estos patrones de preferencia/rechazo de ciertas LULC es esencial para la formulación de políticas, ya que la cobertura del suelo, a diferencia de otros factores como la topografía o el clima, puede ser objeto de una gestión activa. Por otra parte, como las causas humanas de incendio son las más frecuentes (FAO 2007), es de gran relevancia relacionar las coberturas del suelo con la presencia humana. Además, dado que la densidad de población, el comportamiento y las actividades humanas difieren, se espera que se modifique el riesgo de incendio asociado a LULC dependiendo de su ubicación dentro o fuera de las áreas de interfaz-urbano forestal.

2. Objetivos

En este estudio, evaluamos el riesgo de incendio, centrándonos en los efectos del tipo de cobertura del suelo, causas de incendios e interfaces urbano-forestales. Este estudio se realiza en Galicia (NO de la Península Ibérica), comunidad autónoma que ha registrado el 40% de los incendios forestales en España en la última década.

3. Metodología

Se ha utilizado una base de datos compuesta por 26.838 incendios forestales correspondientes al periodo comprendido entre 1 de enero de 2006 y 31 de diciembre de 2011, obtenidos del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). Se incluye información de las causas de incendios clasificadas en 6 grandes grupos: naturales, negligentes, deliberados, accidentales, reproducidos y de causa desconocida.

Se define la IUF como el área dentro de un radio de 50 m alrededor de los edificios a una distancia de hasta 400 metros de la vegetación forestal, donde la limpieza de la biomasa es obligatoria (Ley 3/2007 de 09 de abril de 2007, modificada por la Ley 7/2012, de 28 de junio 2012). La identificación y mapeo de la IUF en Galicia se obtuvo de CHAS-AMIL et al (2013) que estimó el IUF en 2.442 km² (8,3% de la superficie total). El IUF se caracteriza por una menor proporción de tierras forestales en comparación con las áreas no-IUF (c. 20% vs. 75%), y tiene un mayor nivel de fragmentación forestal.

Para cada punto de ignición se determinó el tipo de cobertura del suelo (LULC) utilizando la información del Cuarto Inventario Forestal (IFN4, MAGRAMA 2011), reagrupando su clasificación en 14 clases (Tabla 1). Para ello se utilizó la información de la cobertura forestal, arbustiva y herbácea, la identificación de las tres especies arbóreas dominantes y su dominancia relativa. Las áreas sin vegetación o con vegetación escasa fueron excluidas del análisis. Los LULC menos frecuentes (herbazales, bosques mediterráneos y manchas de Acacia) se eliminaron de los análisis en los que se distinguía entre zonas IUF y no-IUF, debido al bajo número de incendios en IUF en estas clases.

Tabla 1. Descripción de la cobertura del suelo (LULC).

Cobertura del suelo (LULC)	Abreviaturas	Descripción
Superficie agrícola	Agric	IFN4 códigos: 71-75
Herbazal	Herb	IFN4 códigos: 31-33
Matorral abierto	MatoAb	Comunidad de plantas con 11-60% de cobertura de matorral y sin cobertura forestal
Matorral	Mato	Comunidad de plantas con $\geq 60\%$ de cobertura de matorral y sin cobertura forestal
Arbolado abierto	ArboAb	Vegetación con hasta un 59% de cobertura forestal
Arbolado forestal con $\geq 60\%$ de cobertura forestal		
Bosque atlántico	BAtl	Caducifolias nativas de la región Eurosiberiana, con $\geq 70\%$ dominancia de <i>Quercus robur</i> , <i>Q. pyrenaica</i> , <i>Castanea sativa</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Betula spp.</i> , <i>Salix spp.</i> , <i>Acer spp.</i> , <i>Fraxinus spp.</i> or <i>Populus spp.</i>
Bosque mediterráneo	BMed	Con $\geq 50\%$ dominancia de <i>Q. ilex</i> o <i>Q. suber</i> .
Plantación de pino	Pin	Con $\geq 70\%$ dominancia de <i>Pinus pinaster</i> , <i>P. sylvestris</i> , <i>P. radiata</i> o, rara vez, de otras coníferas
Plantación de eucalipto	Eu	Con $\geq 70\%$ dominancia de <i>Eucalyptus globulus</i> , o, rara vez, <i>E. nitens</i> u otros eucaliptos

Acacial	Aca	Con $\geq 50\%$ dominancia de <i>Acacia dealbata</i> , principalmente, <i>A. melanoxylon</i> u otras acacias
Bosque Atlántico mixto	BAtlMix	Con 50-69% dominancia de especies típicas del bosque Atlántico
Plantaciones mixtas de pino y eucalipto	EuPinMix	Pinos y eucaliptos co-dominantes, ninguno ocupa más del 70% o tiene \leq del doble de % de dominancia que el otro.
Plantaciones mixtas de pino	PinMix	Con 50-69% dominancia de pinos u otras coníferas, cuando eucaliptos no están presentes u ocupan menos de la mitad que la ocupación del pino.
Plantaciones mixtas de eucalipto	EuMix	Con 50-69% dominancia de eucalipto, cuando pinos no están presentes u ocupan menos de la mitad que la ocupación del eucalipto.

Además, se seleccionaron 26,838 puntos aleatorios y se caracterizaron de la misma manera que los puntos de ignición con el fin de comparar la distribución de los incendios forestales con un modelo aleatorio. Para ello, se utiliza el método Montecarlo para obtener 100 muestras compuestas por 5.000 puntos obtenidos de los 26.838 incendios y de otros tantos puntos aleatorios. Se calculan entonces las diferencias entre el número de incendios observados en cada combinación de tipo de cobertura del suelo x dentro/fuera del IUF, y lo mismo con los puntos aleatorios. Las diferencias proporcionales son las observadas menos las esperadas dividido por las frecuencias esperadas (MOREIRA et al 2001, BAJOCCHO & RICOTTA 2008). Se realizó un ANOVA con tipos de cobertura del suelo y dentro/fuera de IUF como factores fijos y las diferencias proporcionales entre los puntos de ignición y los puntos aleatorios como variable respuesta con el fin de analizar el riesgo de incendio. El análisis de los efectos de las causas de incendio dentro/fuera de IUF y de LULC en la superficie quemada se realizó utilizando un Modelo Lineal Generalizado con distribución binomial negativa y logit como función de enlace.

4. Resultados

El riesgo de ocurrencia de incendio se ve significativamente afectado por el tipo de cobertura del suelo y la ubicación dentro o fuera de la IUF ($P < 0,001$, Tabla 2), con una interacción significativa entre estos dos factores ($P < 0,001$, Tabla 2). Esto significa que el patrón de riesgo de ignición según LULC difiere entre las zonas de IUF y no IUF (Figura 1). La tendencia general es de mayor riesgo de ignición dentro de la IUF para todas las coberturas del suelo (LULC) excepto para Agric, que presenta el patrón opuesto. Agrupando todas las coberturas, la IUF registró un 48% más de incendios de lo esperado, en contraste con un 4% menos de lo esperado en las áreas no-IUF. Sin embargo, este aumento de riesgo varió ampliamente entre coberturas, con Pin con un mayor incremento en IUF comparado con no-IUF ($> 100\%$) seguido de Eu (58%), plantaciones mixtas de eucaliptos (EuPinMix, EuMix, 52% y ArboAb 51%). Las diferencias fueron menores para BAtl, PinMix y MatoAb (36-30%), y para Mato y BAtlMix (23-16%). Pin, Eu, EuMix y ArboAb tuvieron más incendios de lo esperado en IUF, pero ligeramente menor fuera de la IUF, mientras que BAtl presentó menos incendios de lo esperado fuera de la IUF (siendo la cobertura menos propensa a los incendios), pero algo mayor de lo esperado dentro de la IUF. Las plantaciones mixtas con pinos (PinMix y EuPinMix) y matorrales (Mato y MatoAb) presentan más incendios de lo esperado tanto dentro como fuera de la IUF. Al combinar áreas IUF y no-IUF las zonas de Acacia presentan un mayor riesgo de incendio (100% más incendios de lo esperado), seguido de matorrales (ambos MatoAb y Mato) y plantaciones mixtas de pino con eucaliptos u otros árboles (EuPinMix y PinMix), que también presentan más incendios de lo esperado ($> 20\%$ más). Los bosques nativos (tanto BMed como BAtl) presentan el riesgo de ignición más bajo (16-25% menos incendios de lo esperado).

Tabla 2: Resultados del ANOVA de los efectos de la localización dentro/fuera de IUF, cobertura del suelo y sus interacciones con el riesgo de ignición.

Fuente de variación	g.l.	SS	F	P valor
IUF	1	122,3930	514,97	<0,001
LULC	10	172,7144	72,67	<0,001
IUF : LULC	10	50,8555	21,40	<0,001
Residuos	2178	517,6422		
Total	2199	863,6050		

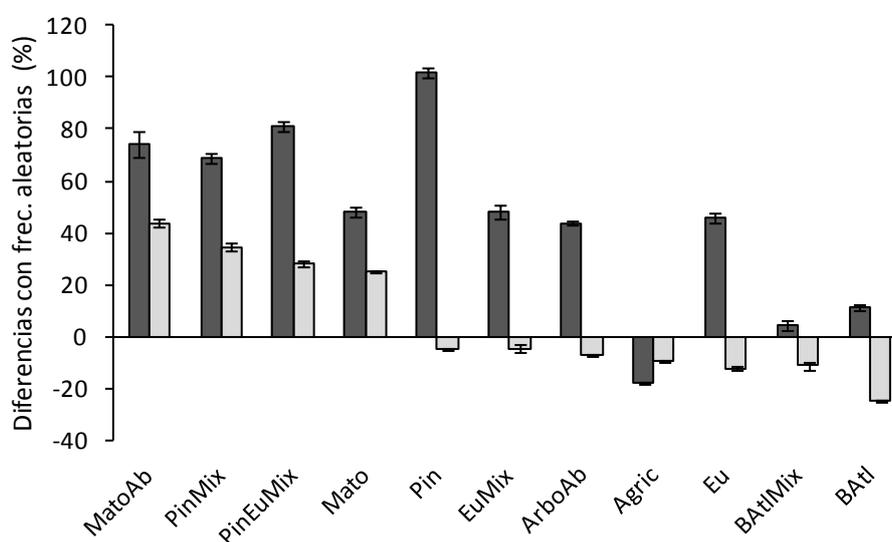


Figura 1: Diferencias porcentuales entre el número de incendios registrados y el número esperado de acuerdo a una distribución aleatoria en los distintos LULC, en IUF (gris oscuro) y no-IUF (gris claro).

La superficie quemada por incendio presenta grandes variaciones, entre 0,01 ha y 7.352 ha, con una superficie media de 6,7 ha. Existe además una gran dispersión de los datos (Figuras 2 y 3) debido a la fuerte influencia de los grandes incendios. Las causas de incendio, la localización dentro/fuera de IUF así como las LULC tienen un efecto significativo sobre la superficie quemada ($P < 0,001$; Tabla 3). Se observan también interacciones de 2° y 3° nivel entre causa, localización y LULC ($P < 0,03$; Tabla 3), lo cual indica que el comportamiento de la superficie quemada entre LULC o causas varía dependiendo de la localización dentro y fuera del IUF, a pesar de que esas diferencias son menores que las obtenidas para la ocurrencia de incendio.

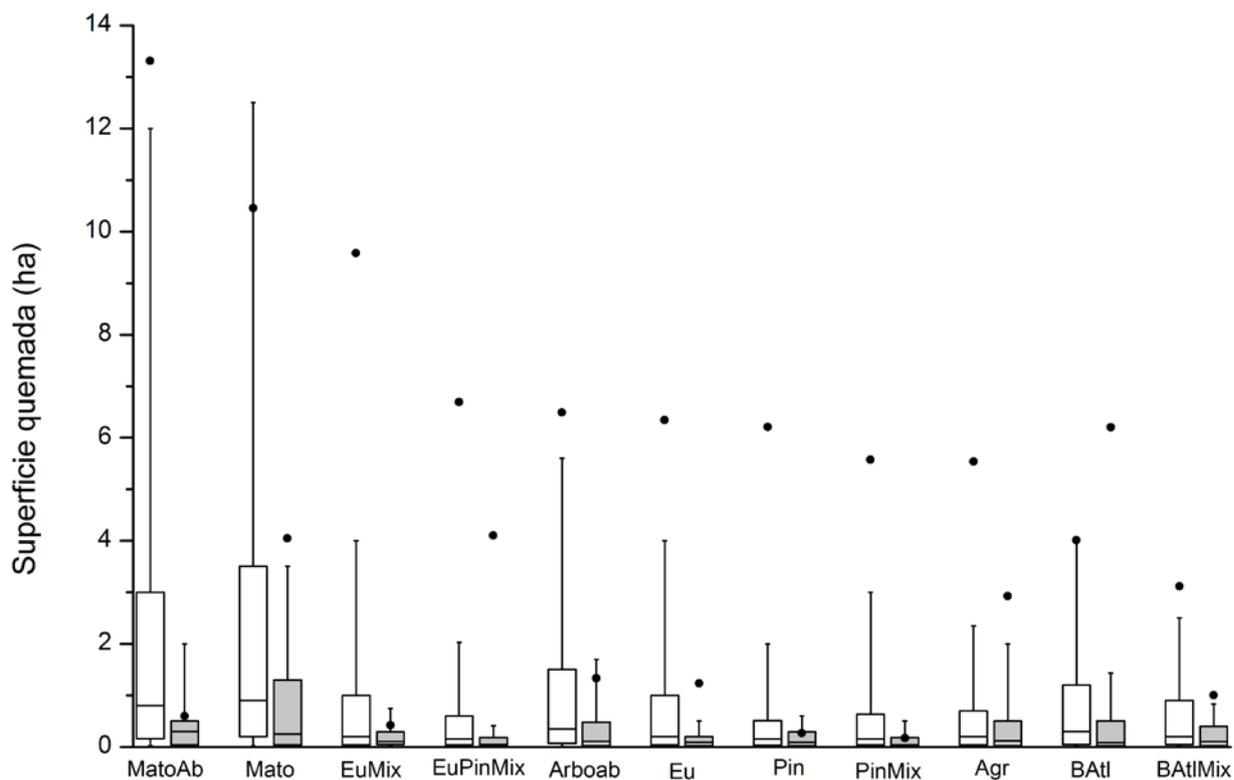


Figura 2: Área total quemada por tipos de LULC en IUF (gris) y no-IUF (blanco). Los puntos representan las medias, las cajas los percentiles 25 y 75, y los bigotes muestran los percentiles 10 y 90.

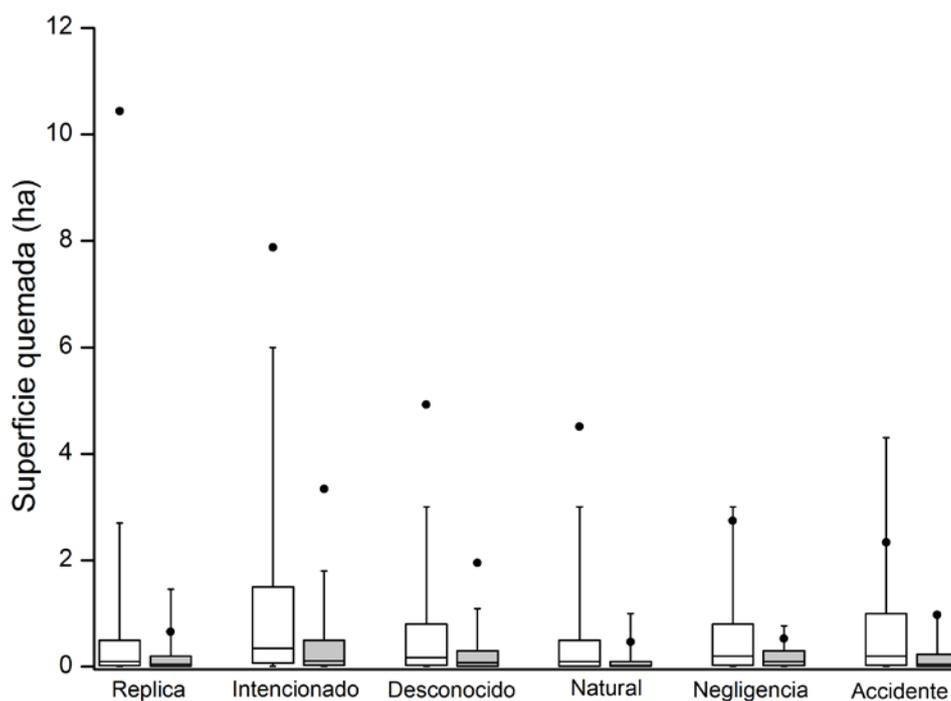


Figura 3: Área total quemada por causas en IUF (blanco) y no-IUF (gris). Media y percentiles se representan como en la Figura 2.

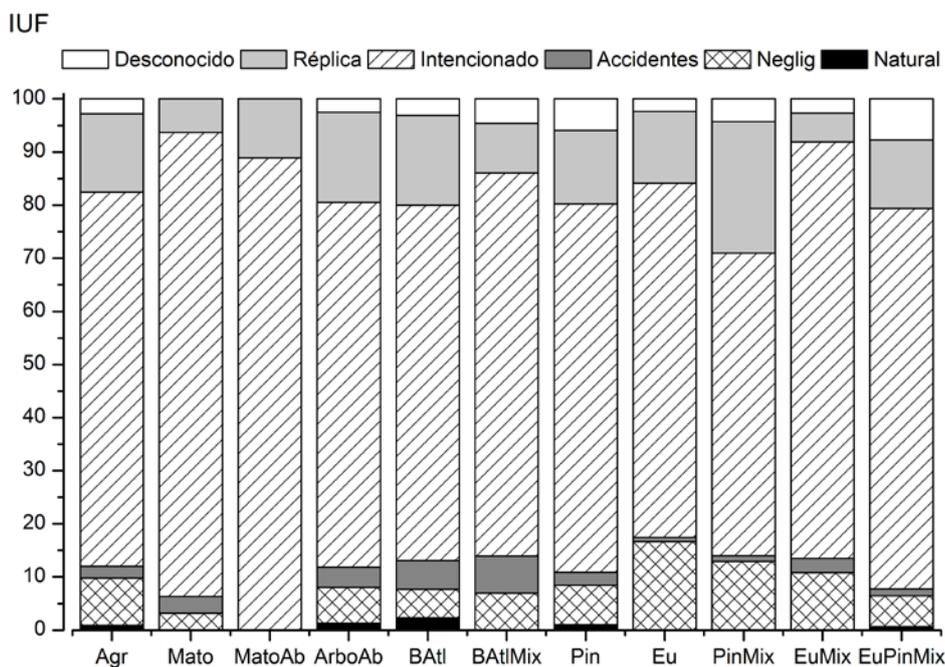
Tabla 3: Resultados del análisis de los efectos en el área quemada de las causas de incendios, la localización dentro/fuera de IUF y la LULC utilizando un Modelo Lineal Generalizado.

Factor	g.l.	Desviación (χ^2)	P valor
Causa	5	96	<0,001
IUF	1	133	<0,001
LULC	10	459	<0,001
IUF:LULC	10	50	<0,001
Causa:LULC	50	71	0,027
Causa:IUF:LULC	105	134	0,0296

En general, los incendios son más pequeños dentro del IUF (media $2,7 \pm 0,5$ en IUF vs. $7,2 \pm 0,5$ en no-IUF). En los bosques atlánticos los incendios son de menor tamaño dentro del IUF, mientras

que en zonas de matorral alcanzan tamaños más grandes que en otro tipo de LULC (MatoAb y Mato, registran áreas quemadas promedio de 12,9 y 10,3 ha, respectivamente) (Figura 2). Los incendios que comienzan en plantaciones son más extensos que aquellos que lo hacen en zonas agrícolas y bosques Atlánticos, estos últimos los que presentan superficies quemadas medias más bajas.

Teniendo en consideración las causas, los incendios más extensos siempre ocurren fuera de IUF (Figura 3). Los incendios intencionados tienden a alcanzar mayores tamaños que los originados por otras causas dentro y fuera de IUF (Figura 3). Los incendios no intencionados tienen tamaños similares siendo generalmente de pequeño tamaño, menos de 1 ha (Figura 3). Las zonas de matorral presentan el mayor porcentaje de incendios intencionados en todos los LULC, con 87 y 89% para Mato y MatoAb en IUF y 83 y 85% en no-IUF (Figura 4), en comparación con el 67-78% en IUF y 68-75% en no-IUF en el resto de LULCs (áreas agrícolas, bosques y plantaciones).



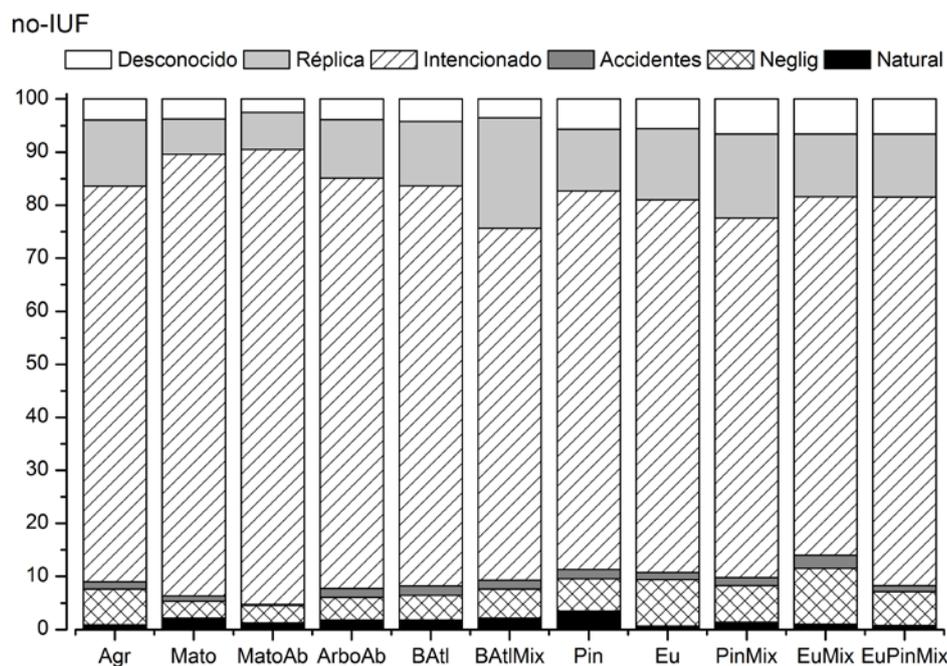


Figura 4: Porcentaje de incendios por causas y tipo de LULC en IUF y no-IUF

5. Discusión

En consonancia con la literatura, se observa un claro efecto del IUF en la ocurrencia de incendios (LAMPIN-MAILLET et al 2011, HERRERO et al 2012, CHAS-AMIL et al 2013, 2015), resultado de la proximidad de los asentamientos humanos y del tipo de actividades realizadas en las zonas circundantes (BAR-MASSADA et al 2014). El riesgo de incendio también se ve influido por el tipo de LULC (BAJOCCO & RICOTTA 2008, GUGLIETTA et al 2015), difiere entre áreas de IUF y no-IUF. Aunque la mayoría de los incendios tienen causas humanas, la cobertura del suelo también afecta al riesgo de incendios. Las plantaciones forestales (especialmente de pinos), matorrales y bosques abiertos presentan el mayor riesgo de ignición en IUF, lo que puede explicarse por la alta inflamabilidad de estas coberturas, lo que resulta en un aumento del riesgo de ignición en presencia de población. El riesgo de ignición en las plantaciones forestales disminuye moderadamente fuera de la IUF, donde la densidad humana es menor aunque esta disminución es menos marcada en plantaciones mixtas con pinos o con pinos y eucaliptos, que junto con los matorrales presentan los mayores riesgos de incendio fuera de la IUF. En zonas de matorral las causas de incendios están más relacionadas con actividades ganaderas fuera del IUF, lo que explica que se mantenga un alto riesgo de incendio también fuera de la IUF, ya que la proximidad a los asentamientos humanos presenta una menor influencia en el riesgo de incendio. Es notable el bajo riesgo de ignición de los bosques nativos (tanto BATl como BMed) en comparación con las plantaciones, especialmente las plantaciones con pinos (principalmente *P. pinaster*), que presentaron mayor riesgo que las de eucalipto (principalmente *E. globulus*). Este resultado coincide con los obtenidos en estudios previos (SILVA et al 2009, MOREIRA et al 2009, 2011). Los bosques nativos mostraron el menor riesgo de incendio de todas las coberturas del suelo fuera de la IUF. El riesgo de incendio en los bosques nativos aumenta con el aumento de la presencia humana en la IUF, pero se mantiene bajo en comparación con otros LULC (excepto para Agric). BATl, el tipo de bosque nativo más abundante en la región, se caracteriza por la sombra profunda proporcionada por las copas. Esto favorece las bajas temperaturas y los altos

contenidos de humedad y limita la cantidad de biomasa que crece en el sotobosque, en comparación con las plantaciones de eucalipto o pino (CALVIÑO-CANCELA et al 2012), todo lo cual contribuye a reducir el riesgo de incendio. El riesgo de incendio también es bajo en Agric (NUNES et al 2005, CARMO et al 2011). Aunque la mayoría de los incendios se iniciaron en Agric, esta cobertura ocupa una gran proporción de la tierra, especialmente en la IUF (70%), y el número de incendios registrados, aunque numerosos, fue inferior a lo esperado. Este reducido riesgo de incendio se debe probablemente a la gestión del combustible y a la gran atención prestada por los agricultores, especialmente dentro de la IUF.

Se observa un menor riesgo de propagación de incendios dentro de la IUF (LAMPIN-MAILLET et al 2011) que se aplica a todos los LULCs y causas. Este menor riesgo de propagación contrasta con el mayor riesgo de ignición en estas áreas. La mayor densidad de población dentro de la IUF favorece la detección temprana de incendios que, junto con una mejor accesibilidad y mayor prioridad de estas áreas para las brigadas de lucha contra incendios, se traduce en un menor tamaño de los incendios. Además, la vegetación dentro de la IUF está más fragmentada (CHAS-AMIL et al 2013), y la discontinuidad del combustible contribuye a limitar la propagación del fuego (SYPHARD et al 2007).

Las zonas agrícolas presentan menores diferencias entre IUF y no-IUF en relación al tamaño de los incendios. Por el contrario, en zonas de matorral, la alta inflamabilidad y alta proporción de incendios deliberados, contribuyen al alto riesgo de propagación del incendio, que es mayor especialmente fuera de la IUF. En los bosques nativos (BAtI y BAtIMix) se observa un menor riesgo de propagación de incendios en comparación con las plantaciones cuando se tiene en consideración la superficie media quemada.

El mayor riesgo de propagación de los incendios intencionados refleja el éxito de los incendiarios en su meta de causar el mayor daño posible. La extensión de los incendios reproducidos es aún mayor en promedio. En este caso, las condiciones que favorecen la reproducción de un incendio también favorecen la propagación del incendio en grandes áreas antes de que pueda ser controlado de manera segura. Además, este tipo de incendios muestran la mayor diferencia en la superficie quemada entre IUF y no-IUF, lo que indica el éxito de las medidas de lucha contra incendios en IUF y la mayor prioridad de estas áreas para el control de incendios.

6. Conclusiones

La prevención de incendios, centrada en la reducción de la biomasa, se considera una forma eficiente de minimizar el riesgo de ocurrencia y propagación (MAGRAMA 2012). En este sentido, el abandono de tierras ha llevado a un incremento significativo de la acumulación de combustible en el paisaje (MOREIRA et al 2001). Sin embargo, es importante destacar que, en muchos lugares, el abandono de tierras conduce al establecimiento de forma natural de bosques nativos de especies caducifolias (IZCO 1987), que, tal e como hemos observado, presentan un menor riesgo de incendio. Además, son más resistentes a las especies invasoras (MARTÍN ET AL 2009, CALVIÑO-CANCELA & RUBIDO-BARÁ 2013), de forma que requieren de una menor intervención humana, en claro contraste con las tierras agrícolas. Por otro lado, las plantaciones forestales en estado de semiabandono, donde las labores de manejo son escasas o nulas, dan lugar a menudo a formaciones mixtas poco rentables y que, como se ha mostrado, son muy propensas al fuego. Por todo esto, en zonas de abandono donde no se llevan a cabo medidas de manejo, el retorno de estas áreas a su estado natural mediante una restauración (pasiva o con mínima intervención) de los bosques nativos puede constituir una medida efectiva alternativa de prevención de incendios de bajo costo y más sostenible a largo.

7. Agradecimientos

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad (Proyecto ECO2012-39098-C06-05). El Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) ha proporcionado la base de datos de incendios.

8. Bibliografía

- BAJOCCO, S; RICOTTA C; 2008. Evidence of selective burning in Sardinia (Italy): which land-cover classes do wildfires prefer? *Landscape Ecol* 23 (2) 241-248
- BAR-MASSADA A, RADELOFF VC, STEWART SI; 2014. Biotic and abiotic effects of human settlements in the wildland-urban interface. *BioScience* 64(5) 429-437
- CALVIÑO-CANCELA M, RUBIDO-BARÁ M; 2013. Invasive potential of Eucalyptus globulus: Seed dispersal, seedling recruitment and survival in habitats surrounding plantations. *Forest Ecol Manag* 305 129-137
- CALVIÑO-CANCELA M, RUBIDO-BARÁ M, VAN ETEN EJB; 2012. Do eucalypt plantations provide habitat for native forest biodiversity? *Forest Ecol Manag* 270 153-162
- CARMO M, MOREIRA F, CASIMIRO P, VAZ P; 2011. Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal. *Landscape and Urban Plan* 100 169-176
- CHAS-AMIL ML, PRESTEMON JP, MCCLEAN C, TOUZA J; 2015. Human-ignited wildfire patterns and responses to policy shifts. *Appl Geogr* 5 164-176
- CHAS-AMIL ML, TOUZA J, GARCÍA-MARTÍNEZ E; 2013. Forest fires in the wildland-urban interface: a spatial analysis of forest fragmentation and human impacts. *Appl Geogr* 43 127-137
- FAO; 2007. Fire management-Global assessment 2006. FAO Forestry Paper 151. Rome.
- HERRERO-CORRAL G, JAPPIOT M, BOUILLON C, LONG-FOURNEL M; 2012. Application of a geographical assessment method for the characterization of wildland-urban interfaces in the context of wildfire prevention: a case study in western Madrid. *Applied Geography* 35 60-70
- IZCO J; 1987. Galicia. En: ALCARAZ, F. et al. La vegetación en España. Universidad de Alcalá de Henares
- JAPPIOT M, GONZALEZ-OLABARRIA JR, LAMPIN-MAILLET C, BORGNIE L; 2009. Assessing wildfire risk in time and space. En: BIROT Y (ed), Living with Wildfires: What science can tell us? A Contribution to the Science-policy Dialogue. 41-47. European Forest Institute.
- LAMPIN-MAILLET C, LONG-FOURNEL M, GANTEAUME A, JAPPIOT M, FERRIER JP; 2011. Land cover analysis in wildland-urban interfaces according to wildfire risk: A case study in the South of France. *Forest Ecol Manag* 261 2200-2213
- MAGRAMA; 2011. Cuarto Inventario Forestal Nacional. Galicia. [DVD]. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
- MAGRAMA; 2012. Los incendios forestales en España. Decenio 2001-2010 (Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. Centro de Coordinación de la Información Nacional sobre Incendios Forestales)
- MARTIN PH, CANHAM CD, MARKS PL; 2009. Why forests appear resistant to exotic plant invasions: intentional introductions, stand dynamics, and the role of shade tolerance. *Front Ecol Environ* 7 142-149
- MOREIRA F, VAZ P, CATRY F, SILVA JS; 2009. Regional variations in wildfire susceptibility of land-cover types in Portugal: implications for landscape management to minimize fire hazard. *Int J Wildland Fire* 18 563-574

MOREIRA F, VIEDMA O, ARIANOUTSOU, M, CURT T, KOUTSIAS N, RIGOLOT E, BARBATI A, CORONA P, VAZ P, XANTHOPOULOS G, MOUILLOT F, BILGILI E; 2011. Landscape-wildfire interactions in southern Europe: implications for landscape management. *J Environ Manage* 92(10) 2389-2402

NUNES MCS, VASCONCELOS MJ, PEREIRA JMC, DASGUPTA N, ALLDREDGE RJ, REGO FC; 2005. Land-cover type and fire in Portugal: do fires burn land cover selectively? *Landscape Ecol* 20 661-673

PEREIRA MG, ARANHA J, AMRAOUI M; 2014. Land cover fire proneness in Europe. *For Syst* 23 598-610

REGO FC, SILVA JS; 2014. Wildfires and landscape dynamics in Portugal: a regional assessment and global implications. En Azevedo JC, Perera AH, Pinto MA (eds). *Forest Landscapes and Global Change*. 51-73. Springer.

SILVA JS, MOREIRA F, VAZ P, CATRY F, GODINHO-FERREIRA P; 2009. Assessing the relative fire proneness of different forest types in Portugal. *Plant Biosyst* 143(3) 597-608

SYPHARD AD, RADELOFF VC, KEELEY JE, HAWBAKER TJ, CLAYTON MK, STEWART SI; 2007. Human influence on California fire regimes. *Ecol Appl* 17(5) 1388-1402