

PELIGRO DE INCENDIO EN CASTILLA-LA MANCHA

Evaluando un riesgo creciente

La ocurrencia de incendios se ve favorecida por vegetación inflamable y condiciones climáticas desecantes como altas temperaturas, baja humedad y sequía. Bajo los escenarios de cambio climático que se anticipan, las situaciones de altas temperaturas y alto número de días sin lluvia se harán más frecuentes, lo que inducirá una elevación de la desecación de los combustibles vivos y muertos y, por tanto, de su inflamabilidad. Asimismo, los periodos de peligro y las situaciones extremas crecerán con el tiempo. Ante estas previsiones, se hace necesario valorar cómo variará en el futuro el peligro de incendio. Este artículo sintetiza el resultado de un proyecto de investigación en el que se ha estudiado el peligro de incendio presente y futuro en Castilla-La Mancha.

Por **JOSÉ M. MORENO, ITZIAR RODRÍGUEZ URBIETA, GONZALO ZAVALA Y MARÍA MARTIN**. Departamento de Ciencias Ambientales. Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) Toledo. Contacto: JoseM.Moreno@uclm.es



BAJO ESCENARIOS DE CLIMA FUTURO

Vegetación y climatología
secas favorecen la
ocurrencia de incendios.



I. R. Urbieto

Los incendios forestales son uno de los factores que más influyen sobre la estructura y funcionamiento de gran parte de los ecosistemas terrestres [1]. Las relaciones entre el clima, la meteorología subyacente y el fuego están bien establecidas: los incendios tienden a ocurrir en aquellos sitios que no son muy húmedos, por la dificultad de que prendan y se propaguen, ni muy secos, por la falta de combustible. Así, las zonas intermedias, con suficiente productividad para que haya vegetación abundante, pero con un periodo seco, serán las más propicias. El clima mediterráneo es paradigmático de este modelo, siendo las zonas mediterráneas y particularmente el sur de Europa áreas con una alta incidencia de incendios [2,3].

En el pasado, la relación entre cambio climático y los incendios forestales ha sido estrecha, de manera que éstos han sido más frecuentes en los periodos cálidos que en los fríos [4]. En España, la frecuencia de incendios aumentó durante el curso del Holoceno (hace unos 10.000 años), pasándose a picos de 100-200 años conforme el clima se fue haciendo más seco [5]. La irrupción del hombre supuso un incremento en la frecuencia de incendios y una alteración de la vegetación dominante [6]. Los incendios han continuado ocurriendo en épocas históricas, si bien los cambios en su frecuencia y en las especies dominantes hacen pensar que mayoritariamente han estado ligados a la gestión del territorio. Desde la segunda mitad del siglo XX se ha observado un incremento de los incendios forestales, que se han ido extendiendo desde unos pocos puntos hasta la práctica totalidad de la geografía española, coincidiendo con el abandono rural y forestación de amplias extensiones, siendo particularmente abundantes en el noroeste, centro, Levante y suroeste [7].

La climatología ejerce un fuerte control

Los incendios tienden a ocurrir en aquellos sitios que no son muy húmedos, por la dificultad de que prendan y se propaguen, ni muy secos, por la falta de combustible, siendo el clima mediterráneo paradigmático de este modelo

en las condiciones para la ignición y propagación de los incendios forestales, siendo los índices de aridez o las altas temperaturas buenos indicadores de la ocurrencia de incendios [8,9]. Bajo los escenarios de cambio climático que se anticipan, las situaciones de altas temperaturas y alto número de días sin lluvia se harán más frecuentes, particularmente en los ecosistemas de tipo mediterráneo al sur de Europa, que sufrirán impactos muy severos [10]. Asimismo, las situaciones de sequía se prevé que aumenten en frecuencia, por lo que el impacto sobre el peligro y régimen de incendios es inminente [11]. Ante estas previsiones, se hace necesario valorar con tanto detalle espacial como sea posible cómo variará en el futuro el peligro de incendio bajo diferentes escenarios de cambio climático.

Objetivos

El presente estudio tiene como objetivo analizar la historia reciente de los incendios forestales en Castilla-La Mancha, así como valorar el riesgo de incendio meteorológico actual en la región y su variación en el futuro en función de diferentes escenarios de cambio climático. Para ello, en primer lugar, se ha analizado la evolución del número de incendios y el área quemada en las últimas décadas, así como las causas principales del origen de los incendios en la región. Posteriormente, se han realizado

proyecciones de cómo irán variando los índices de sequía y de peligro de incendio meteorológico, utilizando diferentes modelos de circulación y escenarios de emisiones (escenarios A2 y B2 del IPCC) en distintos tramos temporales a lo largo de este siglo XXI.

Base de datos de incendios

Se ha procesado la Base de Estadísticas Generales de Incendios Forestales (EGIF) del Ministerio de Medio Ambiente (MI-MAM) para el periodo: 1975-2000, con datos diarios de incendios de la región de estudio. La información diaria incluye el número de incendios mayores de una hectárea, el área total quemada, la fecha de ignición y las causas del incendio. La información del número de incendios por día y el área total quemada se ha espacializado en una cuadrícula con un tamaño de celda de 50 x 50 kilómetros cubriendo la región de Castilla-La Mancha.



Cálculo del riesgo presente y futuro de incendio

La estrecha relación entre la climatología y el estado de los combustibles hace que los índices de peligro de incendio en uso, como los del Sistema Canadiense de Evaluación de Peligro Meteorológico de Incendios (*Canadian Fire Weather System*) [12], estén basados en unas pocas variables meteorológicas: temperatura media (T) (°C), precipitación total (P) (mm), humedad relativa media (HR) (%) y velocidad del viento (V) (km/h) (ver anexo 1). Los índices de peligro tratan de reflejar cómo las condiciones meteorológicas reinantes pueden haber influido sobre el estado de los combustibles y cómo lo harán sobre la propagación del fuego, una vez que éste se produzca. Son índices válidos para las tareas de extinción, por cuanto dan una idea de la dificultad de detener el avance del fuego. En general, los días con incendio, o con incendios múltiples

o de gran tamaño suelen ser más frecuentes cuanto mayores son los índices de peligro; consecuentemente, una mayor frecuencia de índices altos implica una mayor probabilidad de que se den ese tipo de incendios. Estudios recientes han comprobado que el Índice Meteorológico de Peligro de Incendio (*Fire Weather Index*, FWI) canadiense es quizás el que mejor refleja las situaciones de riesgo, habiéndose

Los escenarios futuros de cara a la ocurrencia de incendios forestales se caracterizan por un incremento de los índices de peligro, una mayor duración de la temporada de incendios y una mayor frecuencia de situaciones extremas

recomendado su aplicación a los países mediterráneos [13]. Hay países europeos (Francia, Portugal) que han empezado a utilizarlo operativamente y el Instituto de Desarrollo Sostenible del Centro Común de la Investigación de la Comisión Europea (JRC) elabora diariamente distintos índices de peligro, entre los que incluye el FWI.

Concretamente, para el presente estudio se han calculado el Índice de Incendios FWI y el Índice Medio de Sequía (*Drought Code*, DC), que es una medida del efecto de la sequía estacional sobre los combustibles. Estos índices se han estimado para las condiciones climáticas actuales a partir de datos meteorológicos diarios observados de temperatura, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento para el periodo 1975-2004 (datos proporcionados por el Centro Común de la Investigación de la Comisión Europea, JRC, Ispra, Italia). Para evaluar el pe-



El índice medio de sequía aumentará en toda la región a finales de siglo, sobre todo en la zona sur. En la imagen paisaje tras el incendio.

I. Torres

ligro de incendio bajo diferentes escenarios de cambio climático se han obtenido datos climáticos diarios modelados para el periodo 2071-2100, obtenidos a partir de las predicciones de diferentes modelos de circulación [14]. Se han seleccionado las predicciones para los escenarios de emisiones de gases invernadero A2 y B2 de cinco modelos de circulación regional y global: HIRHAM-HadCM3, HIRHAM-ECHAM4, PROMES-HadCM3, RCO-HadCM3, y Arpège-HadCM3 (ver anexo 2). Los datos climáticos presentes y las predicciones futuras se han proyectado a la cuadrícula de 50 x 50 kilómetros de Castilla-La Mancha aplicando la interpolación del vecino más próximo, para el posterior cálculo de los índices FWI y DC.

Por último, se han estimado el periodo de alerta de incendios (definido como el número de días comprendido entre el primer y último momento del año en que el FWI es mayor o igual a 15 durante 7 días consecutivos) y el periodo de riesgo de incendio (número de días efectivos a lo largo del año en los que el FWI cumple la condición anterior), tanto para el periodo observado como para las previsiones futuras,



Se constata que el peligro de incendio crecerá muy sensiblemente conforme discurra el siglo XXI en Castilla-La Mancha independientemente del modelo climático elegido y de los escenarios de emisiones

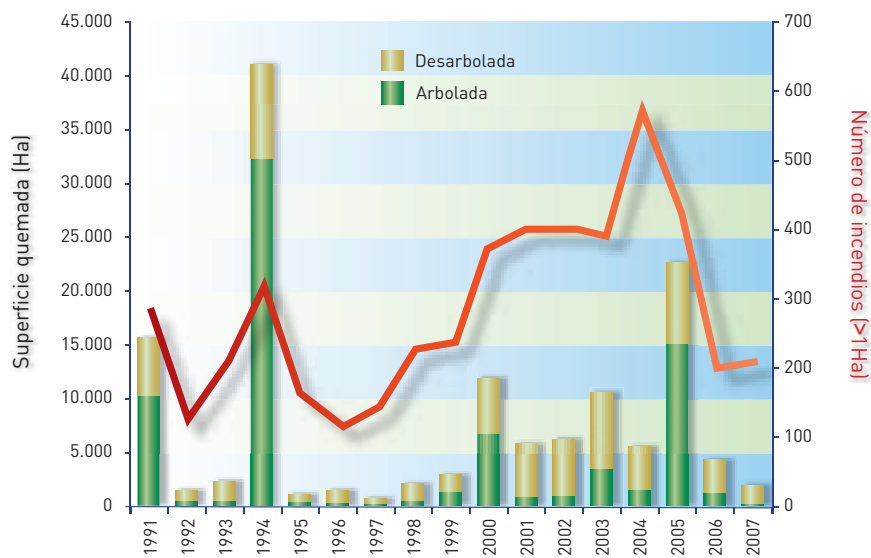


Figura 1. Evolución del número de incendios y la superficie quemada (hectáreas), mostrando la proporción de superficie arbolada y desarbolada afectada por el fuego anualmente en Castilla-La Mancha durante el periodo 1991-2007. Fuente: EGIF (DGB, MIMAM) y elaboración propia.

con el objeto de dar una idea de cómo cambiará la distribución de los días con un riesgo real de ignición y dispersión de las llamas a lo largo del año.

Historia reciente de los incendios forestales en Castilla-La Mancha

En las últimas dos décadas se observa una tendencia hacia el aumento del número de incendios en la región, si bien en los últimos años el número de siniestros ha disminuido (fig. 1). La superficie quemada por año muestra un patrón más variable; los máximos en los que se observa una mayor superficie quemada coinciden con aquellos años con mayor número de incendios. En el periodo 1991-2007 han ocurrido una media de 242 incendios por año, que han afectado a un promedio anual



La ocurrencia de incendios depende tanto de la meteorología como de las fuentes de ignición. En la foto, quemadas controladas en los Quintos de Mora (Toledo).

F. R. Urbieja

de 12.500 hectáreas del territorio. La ocurrencia de incendios y superficie afectada en Castilla-La Mancha supone entre un 2% y un 6% de la incidencia del fuego en el total del territorio español, que puede llegar a suponer en algunos años hasta un 10% del área quemada. La superficie afectada por los incendios corresponde principalmente a zonas arboladas, sobre todo en los años con alta incidencia de fuego, aunque en años de baja actividad las superficies desarboladas tienden a cobrar protagonismo (fig. 1).

La incidencia del fuego en Castilla-La Mancha no es homogénea a lo largo del territorio, destacando su incidencia sobre las áreas forestales situadas principalmente en zonas cuyo relieve dificulta la agricultura extensiva. En concreto, las sierras situadas al noroeste (Sierra de San Vicente, Montes de Toledo), sur (estribaciones de Sierra Morena, Sierra de Alcaraz) y nordeste (Sierra de Ayllón y Serranía de Cuenca) son las que más sufren las igniciones y presentan mayor superficie quemada (fig. 2).

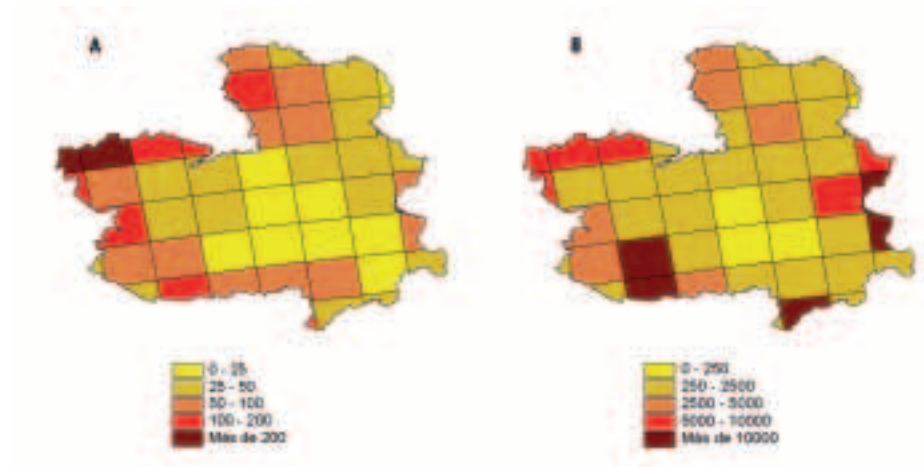


Figura 2. Distribución espacial del número de incendios (a) y la superficie quemada (hectáreas) (b) por década en Castilla-La Mancha en el periodo 1975-2000.

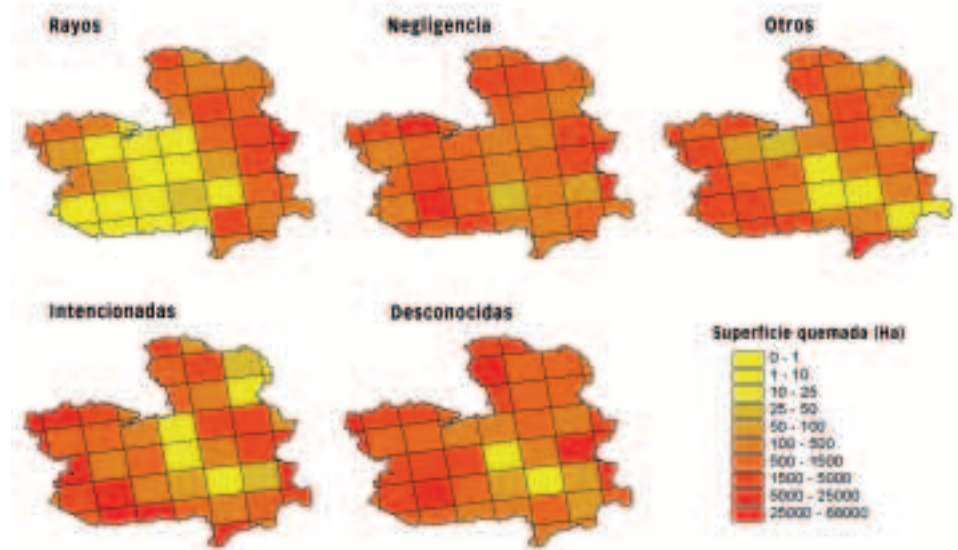


Figura 3. Superficie quemada (hectáreas) en Castilla-La Mancha en función de diferentes causas de incendio (periodo 1975-2000).

De acuerdo a los datos de incendios mayores de 1 hectárea en el periodo 1975-2000, el factor humano juega un papel determinante en el origen de los incendios. Entre las causas de incendio más importantes se encontró que aproximadamente un 30% de los incendios ocurrieron debido a negligencias (quemando un 27% del área quemada total) y un 19% fueron incendios intencionados (quemando casi el 30% del área afectada). Los incendios debidos a causas na-

turales, principalmente rayos, suponen una proporción importante (casi un 10%) de la incidencia del fuego en la región, afectando a un 13% de la superficie, particularmente en las zonas montañosas localizadas al este (fig. 3). Por último, un 9% de los incendios registrados (un 8% del área quemada) en el periodo de estudio ocurrieron por otras causas y en un 33% de los casos (23% de la superficie) no fue posible determinar la causa del fuego (fig. 3).

El peligro de incendio en Castilla-La Mancha: presente y futuro bajo escenarios de cambio climático

La proyección de las situaciones de cambio climático sobre los índices de peligro, utilizando distintos escenarios y modelos de circulación general para Castilla-La Mancha, indica que el índice medio de sequía (DC, medida del efecto de la sequía estacional sobre los combustibles) aumentará en toda la región para finales de este siglo, particularmente en el sur de la región (fig. 4). Asimismo, el índice de peligro de incendio (FWI) aumentará en todo el territorio, especialmente en la mitad occidental, lo que probablemente supondrá un aumento en la intensidad del fuego conforme nos adentremos en este siglo (fig. 5). El efecto de la sequía y la intensidad del fuego crecerán, tanto para escenarios de emisiones altos (escenario A2) como bajos (escenario B2), si bien no se observan grandes diferencias entre ambas predicciones (figs. 4 y 5).

Además del índice de peligro de incendio, también aumentarán los periodos de alerta y de peligro de incendio en toda la región (fig. 6). Esto supondrá que los servicios de extinción de incendios

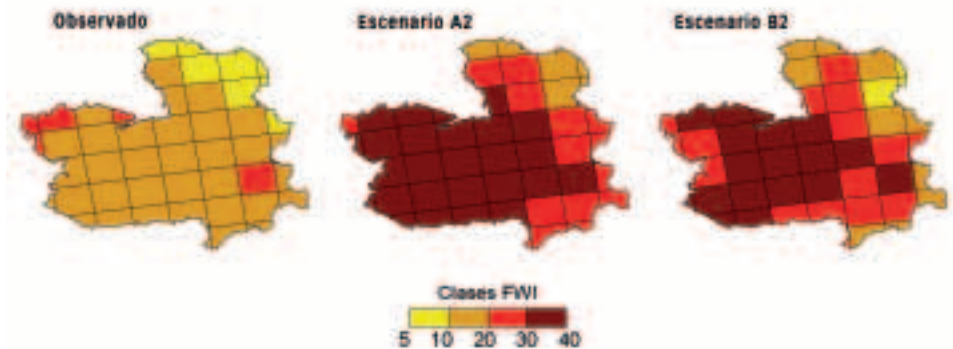


Figura 5. Índice de peligro meteorológico de incendio (FWI, *Fire Weather Index*) observado en Castilla-La Mancha para el periodo 1975-2004, y las predicciones para finales de este siglo (2071-2100) bajo los escenarios de emisiones A2 y B2 (se representa la mediana de los 5 modelos climáticos). Las clases de FWI indican la intensidad que tendría el fuego, siendo el peligro bajo (entre 5 y 10), moderado (entre 10 y 20), alto (entre 20-30) y muy alto (mayor de 30).



I. R. Urbieto

El despoblamiento de zonas rurales y el abandono de áreas de cultivo son factores que contribuyen al aumento de incendios en la región.

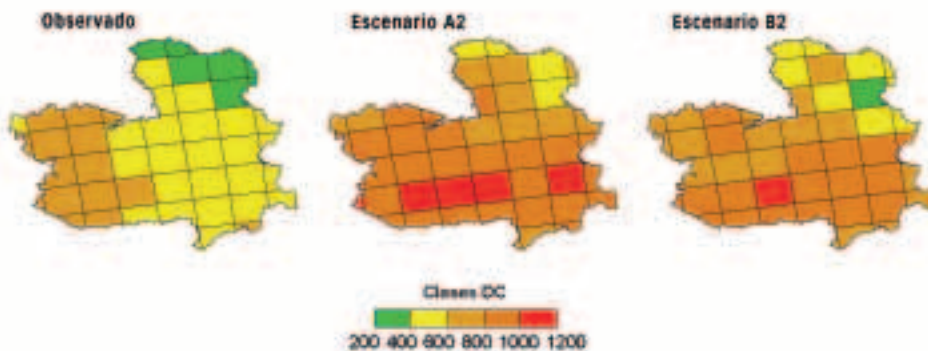


Figura 4. Índice de sequía (DC, *Drought Code*) observado en Castilla la Mancha para el periodo 1975-2004, y las predicciones para finales de este siglo (2071- 2100) bajo los escenarios de emisiones A2 y B2 (se representa la mediana de los 5 modelos climáticos).

tendrán que adelantar las campañas de lucha contra incendios y tendrán que permanecer más tiempo alerta, ya que el número de días con alto índice de riesgo se incrementará durante una estación de incendios más larga. Escenarios con mayor número de situaciones de meteorología adversa hacen pensar en una mayor frecuencia de ocasiones en las que la lucha contra incendios sea de una dificultad máxima.

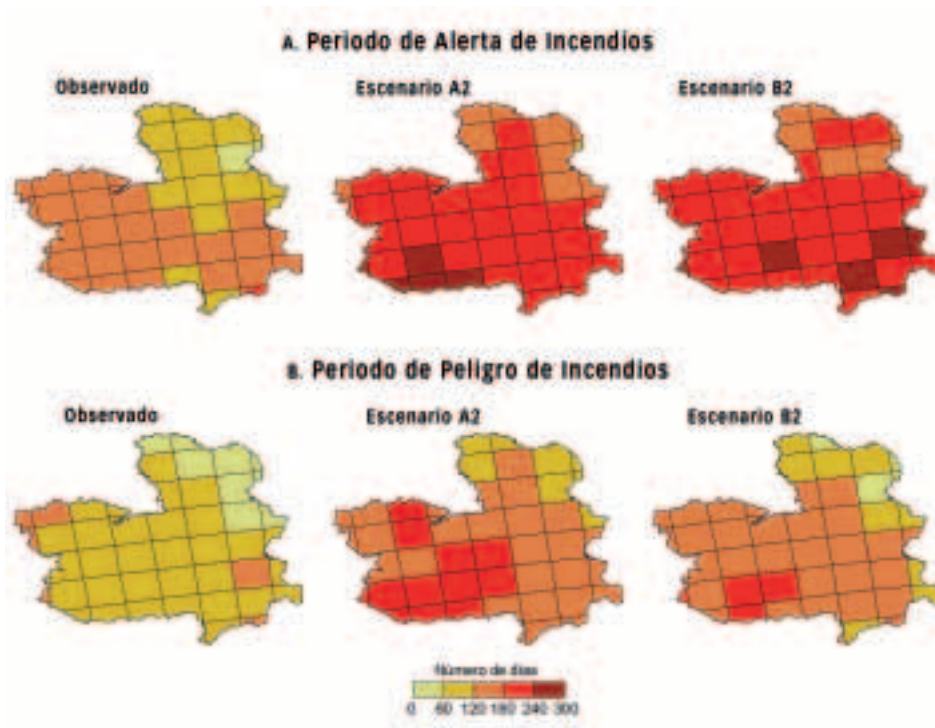


Figura 6. Periodo de alerta de incendios (a) y periodo de peligro de incendios (b) observados en Castilla-La Mancha en el periodo 1975-2004, y las predicciones de cambio para finales de este siglo (2071- 2100) bajo los escenarios de emisiones A2 y B2.

Impactos previsibles del cambio climático sobre el peligro de incendio

En las últimas décadas se ha observado una tendencia hacia el aumento del número de incendios en Castilla-La Mancha, favorecido probablemente por un incremento neto de las temperaturas y un descenso en las precipitaciones, así como por los cambios socioeconómicos recientes, como el despoblamiento de las zonas rurales y el consiguiente abandono de zonas de cultivo.

Los escenarios futuros que se dibujan cara a la ocurrencia de incendios forestales están caracterizados por un incremento generalizado de los índices de peligro, una mayor duración de la temporada de incendios y una mayor frecuencia de situaciones extremas y de más larga duración (Tabla 1), siendo estos cambios particularmente severos en el sur y

occidente de Castilla-La Mancha. Aunque no es fácil predecir si habrá más o menos incendios, sí es previsible que las condiciones meteorológicas favorezcan los incendios de mayor tamaño. Además, se darán con mayor frecuencia si-

tuaciones de peligro extremo en las que sea muy difícil hacer frente a los incendios. A esto se une la tendencia hacia un cambio en la vegetación, con mayor abundancia de especies arbustivas, más sensibles al estrés hídrico. Todo esto parece conducir a una situación en la que la acumulación de combustible será mayor, agravada por una tendencia al abandono de campos, que en las zonas altas, donde los rayos son más abundantes y se espera que aumenten en frecuencia, incrementará el riesgo de ignición y propagación del fuego. De este modo, considerando el patrón de cambio climático y su incidencia sobre la distribución de las especies y el estado de las mismas, cabe esperar que los incendios sean más frecuentes, extensos e intensos.

La duración de la temporada de incendios está condicionada por las condiciones meteorológicas indicadas, y varía según zonas. No obstante, dado que el hombre es el principal causante de los incendios, éstos pueden darse incluso en momentos del año en los que la peligrosidad general es baja. En consecuencia, la estación de peligro puede no necesariamente determinar la temporada de incendios. En aquellas zonas donde los incendios intencionados son dominantes, es el agente cau-

Tabla 1. Resumen de los principales impactos sobre el régimen y ocurrencia de incendios como consecuencia del cambio climático. (Escala de certeza de 1 a 5)

VARIABLES RELACIONADAS CON LA OCURRENCIA DE INCENDIOS	AUMENTO
Peligro de incendio	*****
Frecuencia de incendios	****
Tamaño máximo de los incendios	*****
Intensidad	*****
Zonas en riesgo	*****
Estación de incendios	*****
Variabilidad anual	*****
Igniciones por negligencia	****
Igniciones intencionadas	***
Igniciones por rayo	****

sante del incendio el que puede determinar la temporalidad. No es posible establecer cómo las situaciones originadas por el cambio climático pueden incidir en la población causante de incendios dolosos; no obstante, la persistencia de situaciones de alto peligro hará que las oportunidades para ejecutar una acción dolosa aumenten. La posibilidad de que durante estas situaciones se produzca algún incendio que estimule a dichos agentes no puede ser excluida. En lo que concierne a los incendios accidentales, esto es, a aquellos en los que la fuente de ignición se origina como consecuencia fortuita de la actividad humana, la mayor peligrosidad del clima puede conllevar una mayor probabilidad de que las situaciones que aportan fuentes de ignición terminen originando un incendio. Contrarrestando esta posibilidad está la mejora paulatina en información y formación de la población y su sensibilización hacia el problema de los incendios, de manera que las fuentes de ignición puedan reducirse.

Principales opciones adaptativas

Las previsiones negativas cara a la ocurrencia de incendios conforme discurre el cambio climático pueden verse contrarrestadas por mejoras en la predicción meteorológica, el conocimiento del estado de los combustibles y las estrategias de prevención y vigilancia. La predicción meteorológica actual permite conocer con anticipación de pocos días la posible existencia de situaciones de peligro. Es probable que, con el paso del tiempo, la mejora en la capacidad predictiva meteorológica pueda alcanzar plazos más largos. Una mejora en la capacidad de predicción del peligro puede permitir planificar mejor los recursos y, particularmente, la puesta en marcha de acciones preventivas en aquellos sitios de mayor peligrosidad.

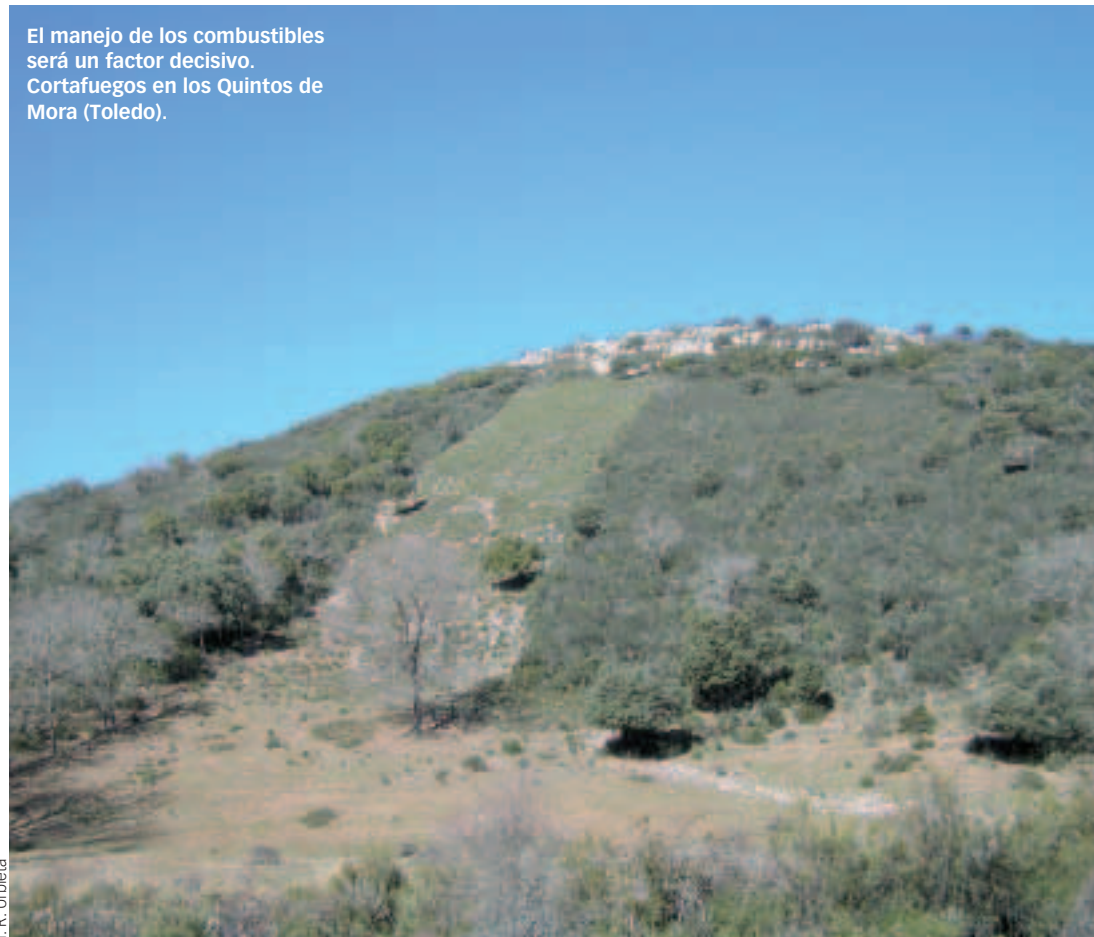
Los impactos negativos del cambio climático sobre el régimen de incendios pueden verse contrarrestados por mejoras en la predicción meteorológica, el conocimiento del estado de los combustibles y las estrategias de prevención y vigilancia

Las mejoras en los sistemas de vigilancia, favorecidos por el desarrollo tecnológico, facilitarán su extensión a amplias zonas, acortando los tiempos de avistamiento y respuesta, lo que supondrá una ayuda importante en la lucha contra incendios. Por otro lado, la

posibilidad de disponer de mapas de combustible con resoluciones espaciales altas, y de sus condiciones (contenido en humedad) ajustadas a la meteorología, unido a la integración en los SIG (Sistemas de Información Geográfica) de toda la información existente y a la aplicación de modelos de propagación en el supuesto de un fuego incipiente, facilitará una rápida y oportuna respuesta. Del mismo modo, la capacidad de disponer de información *in situ*, gracias a las comunicaciones remotas y la informática, puede poner en manos del gestor unas herramientas potentes para mejor calibrar el riesgo inminente y mejor planificar la lucha contra el fuego.

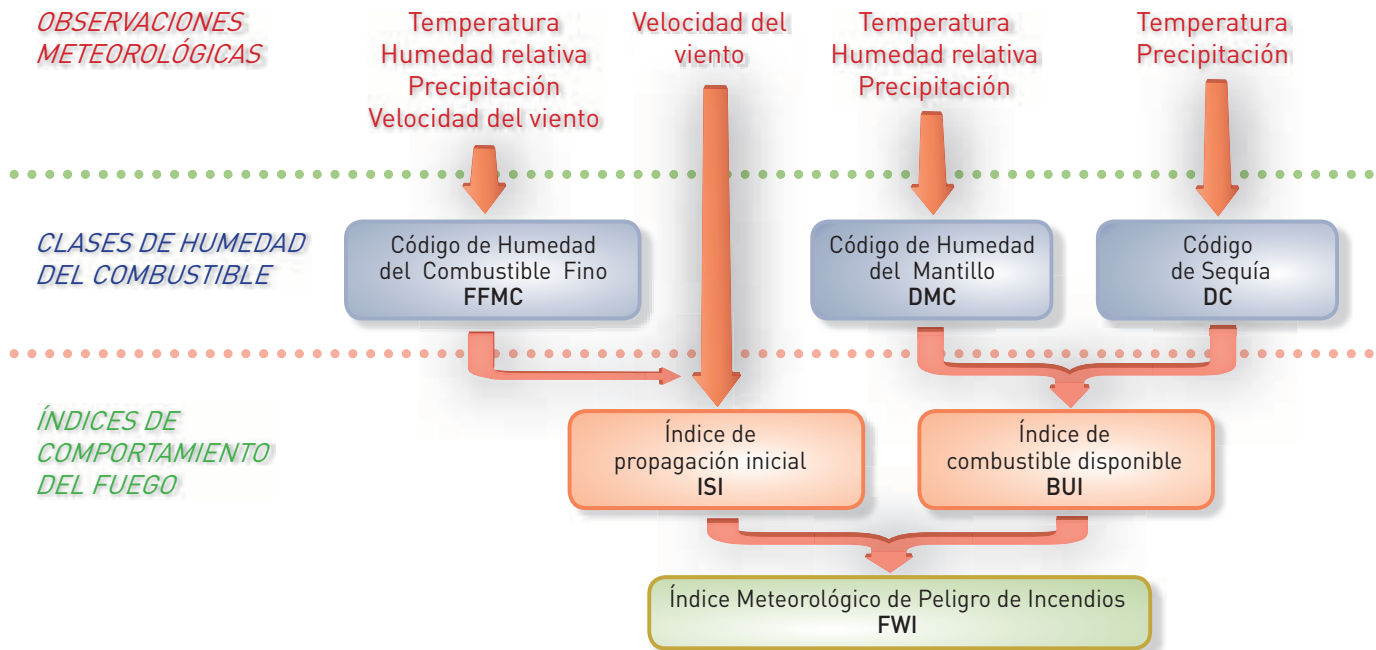
Asimismo, las técnicas de gestión del combustible (tanto sean desbroces, quemas prescritas, utilización de herbívoro-

El manejo de los combustibles será un factor decisivo. Cortafuegos en los Quintos de Mora (Toledo).



I. R. Urbietta

Anexo 1. Relación de variables e índices del Sistema Canadiense de Evaluación de Peligro de Incendios Forestales (van Vagner 1987)(*).



(*) NOTA. En inglés: *Fine Fuel Moisture Code (FFMC)*, *Duff Moisture Code (DMC)*, *Drought Code (DC)*, *Initial Spread Index (ISI)*, *Build Up Index (BUI)*, *Fire Weather Index (FWI)*.

ros, utilización de la biomasa u otras) deberían progresar a partir del conocimiento de las características de las especies vegetales y de los ecosistemas, de manera que permitan una gestión integrada de los mismos, tomando en cuenta, además de la prevención de incendios, la conservación de la biodiversidad, la fijación del carbono y la lucha contra la desertificación.

Por otro lado, la tendencia al incremento poblacional, las mejoras socioeconómicas y la presumible tendencia hacia un interés cada vez mayor por un uso recreativo del monte más intenso, junto a una mayor duración de los periodos de actividad debido a temperaturas más benignas, pueden añadir factores de riesgo importantes, si bien la cuantificación del mismo es muy difícil. La mejora en la educación probablemente conllevará una mayor sensi-

Dado que las actividades humanas son la principal causa de los incendios, la mejora paulatina en información y formación de la población y su sensibilización hacia el problema de los incendios contribuirá a reducir las fuentes de ignición

bilidad al riesgo y prácticas de uso menos peligrosas. De otra parte, se debería reforzar la legislación sobre protección contra incendios en la interfase urbano-forestal y las medidas encaminadas a aplicarla, por ejemplo, considerando

el riesgo de incendio en los planes urbanísticos.

El resultado esperable es que mejoras en la prevención, valoración del riesgo y vigilancia permitan controlar buena parte de los incendios forestales antes de que adquieran cierta dimensión. Eventualmente, sólo aquellos que se den en circunstancias de gran peligrosidad serán los que terminen prosperando.

Líneas futuras de investigación

Ante el peligro creciente de incendios forestales, las líneas futuras de investigación deberán progresar en la proyección de los modelos generales de circulación al detalle espacial y temporal requerido para el estudio de los incendios forestales. Conocer qué situaciones sinópticas propician incendios en distintas partes del territorio, así como de los factores que las controlan, y disponer de información

meteorológica fiable a largo plazo, permitirá anticiparse en el tiempo a cómo será la temporada de incendios.

Avanzar en el conocimiento de la interacción entre incendios y paisaje debe ser la base de la ordenación territorial. Deberán abordarse estudios que permitan verificar en qué medida las condiciones de peligro hacen al paisaje más o menos relevante frente al fuego, particularmente en las zonas más vulnerables, como los núcleos de población, las infraestructuras y los espacios naturales protegidos. Estimar la peligrosidad del territorio, con datos de los combustibles ajustados a su cambio estacional, y cuantificar los riesgos ante situaciones del tipo «peor escenario posible» contribuirá a tener una mejor medida del riesgo. Además, precisamos conocer con más detalle cómo varía la respuesta de la vegetación (combustibles) a situaciones extremas, particularmente de sequía. Simulaciones experimentales en varios ecosistemas pueden darnos la pauta de lo que cabe esperar ante la eventualidad de sequías extremas. La valoración del estado de los combustibles,

Anexo 2. Descripción de los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC 2007) aplicados en el presente estudio

- El escenario A2 del IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, por su siglas en inglés) asume un crecimiento continuo de la población mundial; sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales, con un desarrollo económico orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante, así como el cambio tecnológico, más fragmentados y más lentos que en otros escenarios.
- El escenario B2 describe un mundo cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, donde predominan las soluciones locales a la sostenibilidad, con niveles de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso.

de su biomasa y humedad, en relación con el clima, y a escalas de detalle temporal y espacial, es elemental para poder anticipar situaciones de máxima peligrosidad en el tiempo y en el espacio.

Finalmente, poco sabemos sobre los aspectos sociológicos que condicionan la ocurrencia de incendios. Por tanto, es necesario disponer de escenarios socioeconómicos adaptados a la realidad de Castilla-La Mancha para obtener mejores predicciones del cambio futuro en el régimen de incendios. ♦

AUTORES

José M. Moreno es doctor en Biología y catedrático de Ecología del Departamento de Ciencias Ambientales de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). **Itziar Rodríguez Urbieto** es doctora en Ciencias Ambientales e investigadora de la UCLM. **Gonzalo Zavala** es licenciado en Biología e investigador de la UCLM. **María Martín** es licenciada en Ciencias Ambientales

PARA SABER MÁS

- [1] Whelan R.J. 1995. The ecology of fire. Cambridge Univ. Press, Cambridge, págs. 346.
- [2] Vázquez A., & Moreno J.M. 1993. Sensitivity of fire occurrence to meteorological variables in Mediterranean and Atlantic areas of Spain. *Landscape and Urban Planning* 24:129-142.
- [3] Vélez R. 2000. Perspectiva histórica de los incendios forestales en España. En Vélez (coord.), *La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias*. McGraw Hill, Madrid, España. págs. 3.15-3.31.
- [4] Carcaillet C., Almquist H., Asnong H., Bradshaw R.H.W., Carrion J.S., Gaillard M.J., Gajewski K., Haas J.N., Haberle S.G., Hadorn P., Muller S.D., Richard P.J.H., Richoz I., Rosch M., Goñi M.F.S., von Steuding H., Stevenson A.C., Talon B., Tardy C., Tinner W., Tryterud E., Wick L., & Willis K.J. 2002. Holocene biomass burning and global dynamics of the carbon cycle. *Chemosphere* 49 (8): 845-863.
- [5] Carrión J.S., Sanchez-Gómez P., Mota J.F., Yll R., & Chain C. 2003. Holocene vegetation dynamics, fire and grazing in the Sierra de Gádor, southern Spain. *Holocene* 13 (6): 839-849.
- [6] Franco Múgica F., García Antón M., & Sainz Ollero H. 1998. Vegetation dynamics and human impact in the Sierra de Guadarrama, Central System, Spain. *The Holocene* 8: 69-82.
- [7] Moreno J.M., Vázquez A., & Vélez R. 1998. Recent history of forest fires in Spain. En: Moreno J.M. (Ed.), *Large forest fires*. Backhuys Publishers, Leiden, págs. 159-185.
- [8] Vázquez A., Pérez B., Fernández-González F., & Moreno J.M. 2002. Forest fires characteristics and potential natural vegetation in peninsular Spain during the period 1974-1994. *Journal of Vegetation Science* 13: 663-676.
- [9] Trigo R.M., Pereira J.M.C., Pereira M.G., Mota B., Calado T.J., DaCamara C.C., & Santo F.E. 2006. Atmospheric conditions associated with the exceptional fire season of 2003 in Portugal. *International Journal of Climatology* 26: 1741-1757.
- [10] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: Climate change impacts, adaptation and vulnerability*. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report.
- [11] Moreno J.M. 2005. Riesgos de origen climático: impactos sobre los incendios forestales. En Moreno J.M. (Ed), *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, ES, págs. 581-615.
- [12] van Wagner C.E. 1987. Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index system. *Canadian Forestry Service, Forestry Technical Report* 35, Ottawa, Canadá.
- [13] Viegas D.X., Bovio G., Ferreira A., Nosenzo A., & Sol B. 2000. Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe. *International Journal of Wildland Fire* 9 (4): 235-246.
- [14] AEMET (Agencia Estatal de Meteorología). 2008. *Generación de Escenarios regionalizados de cambio climático para España*. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Madrid.