

# **Incendios en los montes, cambio climático y emisión/mitigación de CO<sub>2</sub>: un triángulo de influencias recíprocas**

**José Alberto Pardos**  
Miembro de la Real Academia de Ingeniería

## **A modo de presentación**

La proximidad al solsticio de verano significa días más largos, temperaturas más altas y reducción de precipitaciones lo que, con algunas tormentas estivales, se considera propicio, climáticamente al incremento de incendios forestales. Desgraciadamente, y en contraste con el dramatismo de la pérdida de vidas humanas, pasan de forma frívola a ser el tradicional evento estival mediático. A esto hay que añadir la crítica social a la descoordinación y a la escasez de medios en la prevención, dada la penuria en la financiación de tratamientos selvícolas. Por otra parte, también se critica, injustificadamente, la falta de previsión, cuando en realidad los servicios técnicos forestales disponen de una amplia información con índices de peligro de incendio que alertan a priori de su posible formación; los operatorios de detección de los focos iniciales del incendio y su posterior combate; para lo que, sin embargo, se dispone de personal técnico y laboral cualificado, y de estructuras y equipos altamente tecnificados, siempre, no obstante, tachados de insuficientes. Ahora bien, ¿acaso no se aplica también talento, se dedica tiempo y se invierte dinero en la experimentación y la investigación sobre incendios en los montes?

En los últimos años, con apreciación extensible a alguna década, no son infrecuentes las noticias de incendios en todo tiempo -algunos de gran magnitud y compleja extinción, los conocidos como megaincendios -, en aparente disparidad con el calendario meteorológico, lo que haría pensar en otros factores antropógenos. Cabe preguntarse si han sido alteraciones en los regímenes y cuantía de temperaturas y precipitaciones los factores más determinantes, no sólo de posibles cambios en el patrón estacional de incendios, sino de su intensidad y extensión.

¿Los cambios percibidos en el clima favorecen la frecuencia e intensidad de los incendios forestales? ¿Influyen en su extensión? ¿Son muy acusadas las diferencias entre los diferentes ecosistemas? ¿Son aplicables las medidas preventivas y de lucha contra incendios actualmente practicadas? Y, como contrapunto: ¿No se emiten a la atmósfera, en los incendios, cantidades sustanciales de dióxido de carbono que, a su vez, se considera agente causal del calentamiento global? Cabe, por tanto, referirse a la existencia de una influencia recíproca: los incendios inciden en el cambio climático al emitirse CO<sub>2</sub> en la combustión de la biomasa vegetal y elevarse la temperatura; y, por otra parte, el incremento de la temperatura y la sequía - como expresiones más evidentes del cambio climático - favorecen la ignición de la biomasa vegetal; es decir, determinados cambios en el clima favorecen los incendios. Asimismo, el papel antagónico de incrementar (emisión a la atmósfera) frente a reducir (mitigación por captura) el CO<sub>2</sub> atmosférico en los ecosistemas forestales se inclina en uno u otro sentido por acción de los incendios y los cambios en el clima.

Un incendio en un monte afecta a los organismos vivos que lo habitan y de forma más evidente a la porción aérea de las especies de leñosas, máxime si se les

asignan significativos valores ecológicos y socioeconómicos. Por otra parte, los grandes incendios de origen atmosférico se consideran instrumentos de la naturaleza para la renovación generacional de las masas afectadas.

Es copiosa la literatura técnica y científica mundiales sobre incendios forestales y su proyección en términos de acciones eficaces en la prevención, extinción y recuperación de los valores perdidos. Aunque los datos estadísticos sobre los eventos registrados tanto a nivel mundial como en España, parecen contradecir esos logros, un buen número de científicos y técnicos de distintas disciplinas en muy diferentes países siguen generando conocimiento y aportando experiencia en la lucha contra los incendios en los bosques en los niveles antes mencionados.

La atención dedicada a los efectos de cambios en el clima sobre los ecosistemas forestales es enorme, y también cabe tachar de importante el esfuerzo de investigación dedicado a evaluar el papel de mitigación del carbono atmosférico por los bosques. Sin embargo el análisis conjunto de incendios, cambios en el clima y mitigación de CO<sub>2</sub> en los ecosistemas forestales es apenas tratado.

Tres hechos ocurridos recientemente (y en un corto periodo de tiempo) - el II REMEDIA Workshop sobre *Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del sector agroforestal* (Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, Abril de 2013); la edición del volumen nº 294 de *Forest Ecology & Management* dedicado mayoritariamente a incendios en bosques (Abril de 2013); y la celebración del 6º Congreso Forestal Español organizado por la Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF) en Vitoria (Junio de 2013), con inclusión de buen número de trabajos en relación tanto con el cambio climático como con los incendios forestales - constituyen un buen motivo para hacer referencia sucinta a estos temas específicamente tratados en los tres eventos, a sus posibles conexiones y subrayar el interés de profundizar en la investigación de las relaciones entre incendios, cambio climático y mitigación con vistas a mejorar la gestión forestal.

## **Los Incendios en el Congreso de la SECF**

Una primera aproximación al conjunto de las 77 presentaciones sobre incendios recogidas en las Actas denota un amplio rango de temas tratados, entendible por los muy variados aspectos climáticos, geográficos, biológicos, técnicos y científicos implicados. Dada la variedad de objetivos específicos, metodologías aplicadas y acciones expuestas y con objeto de agruparlas en razón de sus afinidades se han definido (subjektivamente) seis epígrafes que marcan la secuencia temporal de los sucesos y actuaciones que acarrea un incendio y entre los cuales se repartirían los trabajos presentados, a los que no se va a hacer mención específica.

Un primer grupo, más heterogéneo, comprendería **presentaciones con temas de carácter más general**, tales como aquellos con proyección histórica y social, amplitud territorial, nivel de ocurrencia, estimaciones de superficies quemadas con la especial problemática de los megaincendios, la simulación de incendios y su extinción. La **gestión forestal como herramienta para la prevención de incendios** incluiría trabajos en los que se abordan distintos aspectos de metodología y planificación, gestión, tratamientos preventivos, predicción del comportamiento del fuego, cálculo de rutas y metodología para la localización de puntos estratégicos de gestión y otros. Los **índices meteorológicos de riesgo, la detección, la iniciación, la evaluación de copas y la propagación de los incendios**, con la inclusión de modelos de procesos para la caracterización espacio-temporal del régimen de incendios y sistemas para la detección, evaluación de propagaciones de copa y modelización, severidad del fuego,

consunción de copa y emisiones de CO<sub>2</sub> compondrían un tercer grupo. **Los combustibles** ocupan atención específica con trabajos sobre nuevos modelos regionales de combustibles, su cartografía a partir de datos LIDAR y análisis de imágenes, análisis de su fragmentación y sensibilidad al fuego en diversos tipos de vegetación arbolada. Un quinto grupo incluiría **el combate y la extinción**, tanto en modelos sobre capacitación, entrenamiento y estrategia como en medios disponibles; también el tratamiento de los incendios y el desarrollo de estrategias de extinción en condiciones climáticas extremas. En último lugar, en el apartado **los efectos del incendio y la recuperación de la cubierta vegetal** entrarían el uso de imágenes Landsat para evaluar la severidad del incendio, la utilización de árboles de clasificación para evaluar la mortalidad post-incendio, los efectos del fuego y los bancos de semillas en la recuperación de la vegetación, el comportamiento de poblaciones microbiana y fúngica y las pérdidas en nutrientes minerales.

Los porcentajes de comunicaciones en cada grupo respecto al total – 26 %, 25%, 16 %, 8%, 11 % y 14% respectivamente – dan una idea de la importancia dada a la prevención con la necesaria implicación de la gestión técnica, lo que no deja de refrendar el dicho popular de que los incendios se apagan en invierno.

Cualquiera que sean las circunstancias en que se genere, se propague, se combata, se finalice un incendio y comience la etapa de recuperación a las que se ha hecho referencia anteriormente, las condiciones meteorológicas son factores siempre presentes y esas condiciones son expresión “a tiempo corto” del clima. Pero al hablar de clima e incendios cabe referirse a relaciones más específicas entre clima e incendios, las cuales caracterizan sus relaciones recíprocas a largo plazo: la influencia que sobre el clima puede tener la emisión de CO<sub>2</sub> generada en una gran superficie quemada y la repercusión de los cambios en el clima, ya percibidos, sobre la frecuencia, intensidad y extensión de los incendios.

La relación incendio y emisión de CO<sub>2</sub> es tratada explícitamente en tres trabajos: Consunción de combustible del dosel y cuantificación de la emisión de CO<sub>2</sub> por unidad de superficie al estimar la carga consumida durante fuegos de copa activa; emisión de CO<sub>2</sub> en el análisis de condiciones de inicio y propagación de fuegos de copa; valoración de los efectos de la saca de la madera quemada tras un incendio y costes de reforestación respecto a la no intervención. Por otra parte, los grandes incendios forestales (GIF) o megaincendios son objeto de atención en algunos de los trabajos presentados y de forma indirecta se alude en ellos a las grandes emisiones de CO<sub>2</sub>. Cabe pensar que en la pérdida de valor de un monte que entraña un incendio se llegue a tener en cuenta la disminución de su valor de mitigación de carbono para lo que se requerirá una cuantificación de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Las relaciones e influencias recíprocas del cambio climático sobre los incendios son, también, objeto de atención en algunos de los trabajos presentados: la importancia de la historia reciente en el régimen de incendios a la hora de definir escenarios del impacto del fuego en el futuro ante el cambio climático; la clasificación de tipologías estructurales y su vulnerabilidad a generar fuegos de copa ante las futuras condiciones cambiantes de periodos de sequía más intensa y cargas de combustible mayores; la relación positiva entre variables climáticas (temperatura) y número de incendios; la generación de situaciones de sequía conducentes a mayor número de fuegos severos en especies de alta montaña con resiliencia al fuego en mayor grado que por el combustible; la revisión bibliográfica de los índices meteorológicos de peligro de incendios forestales; el desequilibrio del carbono en el suelo al disminuir la población microbiana por efecto del incendio, que puede acentuarse ante el cambio climático; la

simulación de subida de fuego a copas en túnel de viento y la adecuación de predicciones ante cambios en el clima. En el futuro, cabe esperar mayor número de trabajos en las relaciones cambio climático e incendios con una mayor presencia de trabajos experimentales

## **El Cambio Climático en el Congreso de la SECF**

Operando con un criterio similar al seguido en el epígrafe anterior se han repartido las presentaciones relacionadas con el clima en tres grupos: El carbono como eje del cambio, las respuestas de las especies a la variabilidad climática y el manejo forestal en la búsqueda de soluciones.

El contenido y la captura de **carbono** en árboles y suelo, y el flujo de CO<sub>2</sub> del suelo a la atmósfera, bajo diferentes condiciones ecológicas y especies, fueron objeto de diversas aportaciones: obtención de datos LIDAR para estimar la densidad de pies y la altura del dosel en el inventario de carbono, la comparación de métodos de estimación del carbono capturado con los datos del Inventario Nacional, la correspondencia entre valores del potencial de secuestro de CO<sub>2</sub>, turno, densidades iniciales de la masa y tratamientos selvícolas, el contenido de carbono en el suelo en relación con su profundidad y efectos del uso previo del suelo y edad de la plantación, la variación temporal y espacial del flujo de CO<sub>2</sub> del suelo a la atmósfera en diferentes estratos de vegetación, el contenido en carbono en biomasa y suelo en repoblados, el efecto de la intensidad de las claras, la captura de carbono al final del turno en reforestaciones con especies de crecimiento rápido en terrenos de anterior uso agrícola, la comparación del carbono acumulado en la biomasa y conjunto del ecosistema en plantaciones con brinzales y chirpiales, el contenido en carbono en arbustados y matorrales.

En términos de **respuestas de especies y poblaciones a la variabilidad climática** actual y previsibles efectos ante diferentes condiciones climáticas procede referirse por un lado a trabajos en que se muestran respuestas en el crecimiento a un gradiente de temperaturas y precipitaciones y a marcados descensos de la disponibilidad de agua en periodos recientes; por otra parte, a trabajos sobre la aplicación de modelos para la simulación de la dinámica de diferentes bosques bajo varios escenarios climáticos y perspectivas futuras en términos de supervivencia, crecimiento y productividad, así como a las posibles alteraciones en los actuales equilibrios interespecíficos en masas mixtas.

En la **búsqueda de formas de gestión** (manejo) con que afrontar los cambios cabe destacar el planteamiento de una *Selvicultura próxima a la naturaleza*, concepto ya preconizado en Alemania por Engler en el XIX y quizá olvidado en demasía; las propuestas de gestión, incluyendo un modelo integral de regeneración de la masa arbórea sobre simulaciones de base climática; el desarrollo de modelos de crecimiento con inclusión de la interacción crecimiento-clima-competencia bajo diferentes escenarios climáticos; las claras como herramienta de mitigación de los efectos negativos del cambio y el incremento del crecimiento ante una subida de temperaturas; la puesta en marcha de infraestructuras –arboretos y sitios de documentación de diversas selviculturas- para cuantificar los efectos del cambio en términos de crecimiento y productividad.

Estas referencias muestran que el amplio espectro de temas específicos enumerados, con relación específica al clima y sus cambios, actuales y futuros, no incluye aspectos relacionados explícitamente con los incendios.

## **La Mitigación de los Montes en el Taller REMEDIA**

Con un criterio semejante al seguido en los apartados anteriores los trabajos presentados se han repartido en tres grupos, dos de ellos se centran en el carbono en biomasa y suelo, y en el tercero las presentaciones conciernen más directamente a la mitigación. El **carbono en la biomasa vegetal**, con la comparación de metodologías para la estimación de biomasa y diferentes trabajos sobre evaluación de biomasa, contenido en carbono y su evolución en diferentes formaciones leñosas.

En el grupo sobre contenido y evolución del **carbono en el suelo** cabe destacar los trabajos referentes a carbono en formaciones vegetales de alta montaña, bosques secundarios establecidos en otrora cultivos agrícolas, los flujos laterales de carbono por efecto de la erosión en una cuenca repoblada y la emisión de CO<sub>2</sub> en dehesas por efecto del pastoreo, el laboreo y el dosel del arbolado.

En el tercer grupo más directamente vinculado a mitigación cabe incluir una visión global crítica del papel de los ecosistemas forestales en la captura y mitigación de CO<sub>2</sub>, el clima y la estructura del bosque en el secuestro de carbono en diferentes biomas, el declive del crecimiento en respuesta a la sequía y propuestas de gestión en bosques Mediterráneos ante el cambio, la monitorización del decaimiento de masas forestales de diferentes especies arbóreas, los efectos de las claras sobre la fijación de carbono y el uso potencial de la diferenciación genética en la fijación de carbono en pinos ibéricos.

Estas presentaciones proporcionan información relevante a diferentes escalas (espaciales, ecosistémicas y específicas) para su aplicación tanto en la gestión forestal como en el establecimiento de políticas que contribuyan a la mitigación del Cambio Climático. En las conclusiones del Taller se subraya el importante papel de los ecosistemas forestales en la mitigación del Cambio Climático como sumideros de carbono, si bien su capacidad es limitada y no debe considerarse solución primordial a la emisión de CO<sub>2</sub>.

## **Incendios y Cambio Climático en la revista *Forest Ecology & Management***

El cambio climático como motor de cambios en los regímenes de los futuros incendios cobra especial significado en los trabajos publicados en el volumen 294, sobre algunos de los cuales, tratan los párrafos siguientes.

Especial atención se dedica a los llamados megaincendios, sucesos de gran magnitud causantes de daños catastróficos, que suceden con frecuencia inusitada en diferentes partes del mundo, ligados a condiciones meteorológicas previas al incendio que prevalecen durante el mismo. Se consideran reacciones positivas a climas en cambio que están retroalimentando el cambio climático vía emisiones de carbono, en circunstancias en las que las barreras físicas naturales pueden verse vencidas al confluir un continuo incremento de la carga de combustible y, por otra parte un clima en cambio.

Cabe subrayar la importancia dada en el origen de los megaincendios a la sequía, la densidad del bosque y la existencia de gran volumen de biomasa en extensas superficies con combustible incendiario, todo lo cual puede conducir a superar las capacidades de control de los incendios. Es también destacable su excepcionalidad en la Europa Mediterránea, en países con activas campañas anuales antifuegos, pero cuyos impactos sobrepasan las medidas normales de prevención al concurrir condiciones atmosféricas críticas que restan eficiencia a los combates

iniciales. Se sugieren, al respecto, un conjunto de recomendaciones para reducir su ocurrencia y su gran impacto.

Ante un futuro climático lleno de incertidumbres, en climas templados se propone mitigar la extensión de incendios de gran escala e intensidad reduciendo el combustible mediante acciones selvícolas (claras), evaluando periódicamente- cinco a diez años- los impactos sobre la biodiversidad de los pequeños incendios.

También se preconiza la política de uso del fuego prescrito para la limitación de incendios de alto impacto medioambiental, si bien una serie de factores dificultan actualmente su empleo a gran escala.

Es también destacable la referencia a LANDFIRE (Landscape Fire and Resource Management Planning Tools Project) base de datos disponibles on line, creada en respuesta a los megaincendios y a la necesidad de disponer de datos geoespaciales sobre vegetación, combustibles y terreno, su comportamiento en los incendios y sistemas de predicción y decisiones en su manejo.

Un aspecto de especial interés es la cuantificación de la cantidad de carbono que subsiste en el ecosistema tras la emisión de CO<sub>2</sub> en la combustión, en función de las características de la masa forestal afectada y su grado de supervivencia, que serán determinantes en la elección de estrategias de manejo post-incendio con el objetivo de mitigación del carbono atmosférico

El uso del análisis de la equivalencia de habitat (Habitat Equivalency Analysis) para evaluar las pérdidas ecológicas y la restauración compensatoria a las mismas tras incendios severos y la cuantificación de los beneficios que reportarían medidas efectivas de prevención de incendios son también temas incluidos en este volumen.

La influencia potencial del cambio climático en la severidad estacional de los incendios, las tendencias del potencial de “incendios salvajes” en condiciones climáticas regionales actuales y futuras bajo diversos escenarios climáticos y aplicación de modelos climáticos en diferentes zonas geográficas son, asimismo, objeto de varios trabajos de investigación. La predicción de alteraciones en la composición y estructura de los bosques y el sustancial incremento en grandes incendios pone en entredicho la efectividad del manejo convencional actualmente puesto en práctica.

## **Apunte final**

La falta de datos estadísticos meteorológicos y de incendios en periodos de tiempo prolongados y la variabilidad temporal de la actividad de los incendios entre regiones se superponen a las incertidumbres ante cambios en el clima. Las simulaciones con diversos escenarios climáticos y la aplicación de modelos climáticos, junto con los datos procedentes de mediciones rigurosas realizadas en los últimos decenios, conducen a preveer un clima más seco en las próximas décadas. Ello redundará, según los expertos, en una actividad de incendios próxima al límite superior del rango de incendios en la era preindustrial, que incrementada con la incidencia de incendios ligada al aprovechamiento de los bosques pondrá en riesgo la resiliencia de los bosques en el futuro. En todo caso, este somero recorrido por los incendios forestales y sus relaciones con el clima evidencia la falta de una aproximación más integradora de los distintos enfoques disciplinares que alimentan la investigación que se lleva a cabo en la actualidad. Su logro será pieza en el manejo de los montes en la prevención y reducción de incendios.

Con carácter general tendrá que tenerse muy presente el desarrollo de intervenciones selvícolas que favorezcan la biodiversidad en términos de composición y

estructura de las masas forestales, la promoción de masas mixtas con variación de clases de edad, en las que se emulen alteraciones secundarias necesarias para mantener las características de los bosques asociadas con la resiliencia.

Sin embargo, las variaciones geográficas exigirán mayor aporte de datos climáticos regionales específicos y una mayor especificidad a nivel de ecosistema en las intervenciones selvícolas que se lleven a cabo como medidas preventivas, con una planificación dinámica que tenga presente los cambios temporales en el clima a tenor de los modelos en desarrollo.

Los cambios en el clima y los incendios jugarán un papel determinante sobre la capacidad mitigadora de bosques, plantaciones arbóreas y otras formaciones leñosas presentes en la naturaleza. Su influencia será positiva en la asignación de un valor tangible a una masa forestal si ambos (clima y ausencia de incendios) concurren en su valoración en la captura de carbono; pero igualmente deben de tenerse presente sus efectos negativos al producirse un decremento del crecimiento y disminución de existencias tras un incendio, o por cambios climáticos severos, circunstancias que pueden prolongarse muchos años, y que reducen o anulan el valor de mitigación de la masa forestal.

*Deseo expresar mi agradecimiento a Eduardo Notivol - Unidad de Recursos Forestales del Centro de Investigación y Tecnologías Agroalimentarias de Aragón-, y a José Antonio Vega Hidalgo, Director del Departamento de Protección Ambiental del Centro Forestal de Lourizán de la Xunta de Galicia, por sus sugerencias y aportaciones que han contribuido sustancialmente a la mejora del texto original.*