



Incendio de superficie, característico del bosque de dipterocarpaceas, Tailandia. Foto: GFMC (K. Wanthongchai)

El rol y la historia del fuego en los paisajes tropicales

Johann Georg Goldammer

“Las soluciones y decisiones sobre el manejo del fuego deben basarse en evidencia técnico-científica, histórica y contemporánea.”

Introducción

En todo el mundo, la mayoría de los incendios del paisaje se producen en los trópicos y subtropicos, donde los incendios naturales provocados por rayos han favorecido la evolución de comunidades vegetales características en ecosistemas sostenibles y adaptados al fuego. Las comunidades indígenas desarrollaron prácticas tradicionales de quema para la gestión de la tierra, especialmente en sabanas tropicales y bosques caducifolios adaptados al fuego y dependientes del mismo. Actualmente, la agricultura tradicional de roza, tumba y quema a pequeña escala se sigue practicando en ecosistemas sensibles al fuego como las selvas tropicales ecuatoriales, las turberas y los humedales.

El fuego también se utiliza cada vez más para la conversión a gran escala de plantaciones agroindustriales y tierras de pastoreo, y esto, junto a las quemadas para el mantenimiento de paisajes abiertos de reciente – como

es el caso del uso recurrente del fuego en pastizales o para la eliminación de residuos agrícolas – resulta en el origen de importantes incendios incontrolados. Éstos suelen propagarse a las tierras circundantes, incluidos los bosques sensibles al fuego y las zonas protegidas, lo que provoca una grave degradación de los ecosistemas y la pérdida de la cubierta forestal.

Las características, los efectos y la severidad de los incendios varían en función del uso de la tierra, y la intensidad de utilización y la degradación subsecuente del suelo. Por ejemplo, la vegetación secundaria de las tierras forestales tropicales degradadas, como las vastas zonas de pastizales de Imperata (*Imperata cylindrica* en el sudeste asiático e *Imperata brasiliensis* en Sudamérica) que son altamente inflamables y en ellos se producen frecuentes incendios forestales, a menudo anuales. Junto con las sequías cada vez más prolongadas debidas al cambio climático, estos paisajes sufren una quema excesiva, degradación y pérdida de la cubierta vegetal.

Los sistemas agrícolas y de pastoreo intensivos provocan la fragmentación de los paisajes tropicales y subtropicales. Las comunidades rurales, los agricultores y los pastores tienen gran interés en proteger sus tierras, aldeas y otros bienes contra los efectos adversos de los incendios forestales, al igual que proteger aquellos lugares donde el uso seguro del fuego y las medidas de prevención de incendios forestales a menudo dan como resultado una disminución significativa del número de incendios forestales y de la superficie quemada. En las regiones donde la población rural, especialmente los más jóvenes, contribuyen a expandir la urbanización, suelen

existir tierras infrautilizadas o abandonadas sujetas al avance de especies vegetales en procesos de sucesión ecológica, donde la invasión de vegetación secundaria, estacional e inflamable provoca un aumento del peligro y el riesgo de incendios forestales.

Aunque los paisajes y los regímenes de incendios – referidos a la incidencia típica del fuego en un ecosistema caracterizada por la estacionalidad, los intervalos de retorno, el comportamiento y la gravedad de los mismos – varían según las regiones y el tiempo, existen ciertas constantes históricas. Los incendios han afectado a la vegetación del planeta durante más de 400 millones de años, mucho antes de la llegada del hombre. Además de los efectos directos del fuego en los ecosistemas, las emisiones generadas por el fuego forman parte de los ciclos biogeoquímicos globales y siempre han influido en la química de la atmósfera. En la década de 1980, las interacciones entre el fuego, los bosques tropicales, la sabana, el clima y el cambio climático surgieron como uno de los principales focos de investigación interdisciplinaria (Goldammer 1990; Crutzen y Goldammer 1993; Goldammer 2013); ver Figura 1.

La historia del fuego en los trópicos

La presencia de fragmentos carbonizados en depósitos de carbón (carboncillo) provee evidencia sobre la presencia de incendios en bosques ancestrales durante el Período Carbonífero. La determinación radiométrica de la edad del carboncillo encontrado en bosques lluviosos del Amazonas, muestra la presencia temprana de incendios, bien sea naturales o bien causados por humanos, en

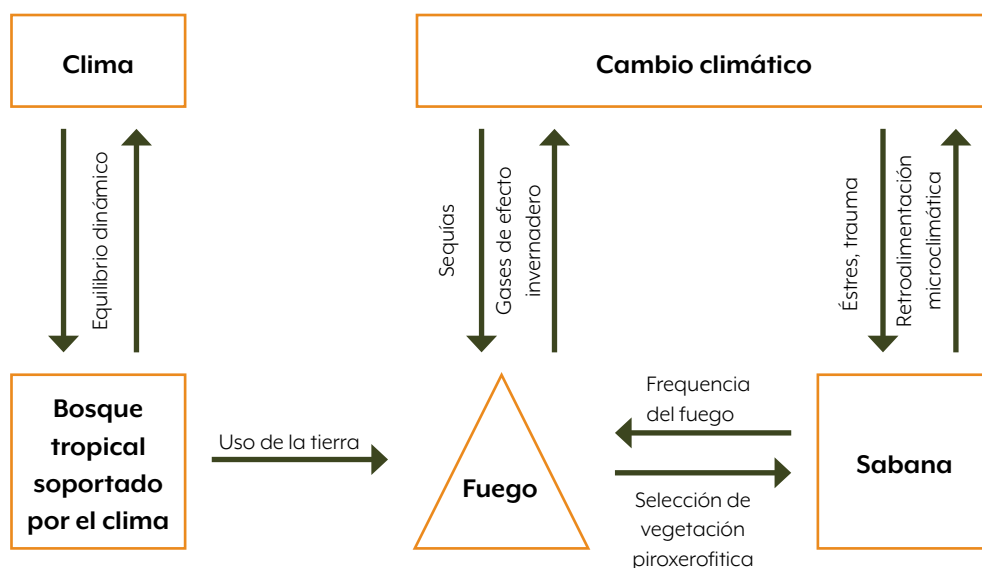


Figura 1. Las interacciones entre el fuego, la vegetación tropical y el clima, fueron desarrolladas en el primer Foro Global sobre el rol del fuego en los trópicos y sus implicaciones globales.

Fuente: Goldammer (1990)(Traducido del original, en inglés.)

el Holoceno (ca. 3500–6000 años AP). En el sureste de Asia, unas muestras de carbón provenientes de bosques húmedos de tierras bajas en el este de Borneo fueron fechadas para el pico de la última glaciación del Pleistoceno, alrededor de 18.000 años AP (Goldammer & Seibert 1990).

Durante el Pleistoceno, el rol y la influencia del fuego sobre la vegetación pudieron haber cambiado de acuerdo a las fluctuaciones climáticas. El clima más cálido y más húmedo prevaleciente durante los períodos interglaciales creó condiciones desfavorables para el fuego. En contraste, durante las épocas glaciales que han ocurrido en el 80% de los últimos dos millones de años, el clima tropical era más fresco, más árido y más estacional que el de la actualidad. Esto provocó entonces que los bosques húmedos se retrajeran a ciertos refugios, quedando rodeados de vegetación de sabana con muchas más probabilidades de ser afectada fuertemente por el fuego. Tales “corredores” de fuego entre refugios aislados pudieron haber contribuido de forma significativa al aislamiento genético de las actuales “islas” de bosque lluvioso.

En África, los primeros humanos utilizaron el fuego por al menos 1,5 millones de años y esta práctica se expandió globalmente, convirtiéndose en un factor dominante que influyó de forma especial sobre la vegetación tropical, como lo demuestra el análisis de muestras de polen. En regiones con sequías estacionales que se encuentran en regiones adyacentes a los bosques húmedos tropicales, los fuegos se usaban para actividades de caza, para mejorar los pastizales y para mantener el paisaje despejado por motivos de seguridad (mejor visibilidad) y accesibilidad. Los incendios en el Neolítico desempeñaron un rol en los procesos de clareo en los ecosistemas de bosques tupidos así como en la sabanización del paisaje, y ciertamente los motivos y los métodos de uso del fuego han cambiado poco desde ese entonces. En la actualidad, sin embargo, una presión sin precedentes de la población humana, junto con las consecuencias del cambio climático y las transformaciones en los regímenes de fuego traen como consecuencia que la influencia del fuego sea ahora un elemento crítico en el desarrollo de la vegetación tropical, así como un elemento propulsor de su degradación y destrucción.

Los regímenes del fuego en los trópicos

Los regímenes de incendios en los bosques tropicales y la vegetación secundaria se caracterizan y distinguen por su frecuencia, estacionalidad y comportamiento (intensidad/severidad). Los regímenes de incendios

tropicales y subtropicales (Figura 2) están determinados por gradientes ecológicos y antropogénicos (socioculturales). Los rayos también son una causa importante de incendios naturales, que influyeron en la vegetación de tipo sabana en épocas anteriores a los asentamientos humanos, y se presentan en bosques caducifolios y semicaducifolios y, ocasionalmente, en bosques húmedos.

Sin embargo, con el aumento de las actividades humanas, la contribución de la ignición natural a la ocurrencia global de incendios tropicales es cada vez menos significativa, en comparación con las igniciones provocadas por el hombre o los incendios intencionados por las siguientes razones principales (véase también Goldammer y de Ronde 2004).

- el fuego es la herramienta más cómoda y barata para convertir los bosques y otra vegetación autóctona (incluidos humedales y turberas) a otros usos de la tierra; por ejemplo, agricultura, plantaciones y pastos, o para explotar otros recursos naturales (minería a cielo abierto);
- se aplica en la agricultura tradicional de roza y quema
- se usa para la gestión de pastizales y tierras de pastoreo; es decir, incendios provocados por cazadores y pastores, principalmente en sabanas y bosques abiertos, y por gestores de empresas ganaderas industriales;
- se aplica en la cosecha de productos no madereros de los bosques; es decir, se hace uso del fuego para facilitar la cosecha o mejorar el rendimiento de plantas, frutos, etc., predominantemente en bosques caducifolios y semicaducifolios;
- muchos incendios se inician en la interfaz de zonas residenciales;
- usos tradicionales del fuego como prácticas religiosas, étnicas y folclóricas; y
- consecuencias intencionales o colaterales de conflictos sobre derechos de uso de la tierra o soberanía territorial.

En las siguientes secciones se discute el rol y la historia del fuego en cinco tipos genéricos de bosques: bosques lluviosos ecuatoriales, bosques estacionales, bosques de pino de tierras altas y tierras bajas subtropicales, sabanas y bosques abiertos y plantaciones forestales.

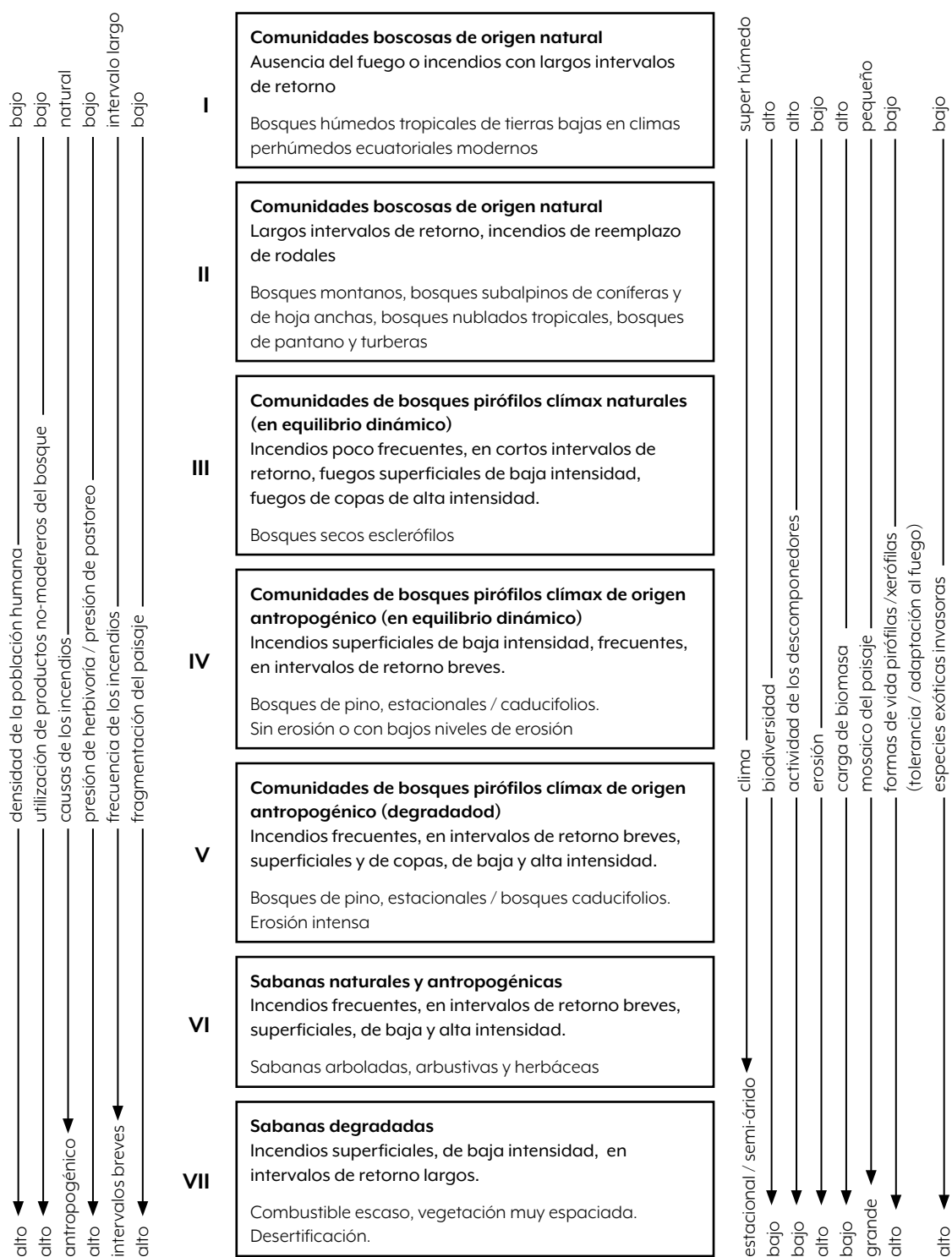


Figura 2. Tipos de regímenes de fuego, tropicales y subtropicales, y su relación con gradientes ecológicos y antropogénicos. Nota: existen excepciones a este esquema general, tales como una mayor diversidad de especies en ciertas comunidades pirófilas climax. Fuente: Goldammer (1993) (Traducido del original, en inglés)



Efectos de la conversión de un bosque provocada por la acción del fuego después de clarear un bosque de tierras bajas de dipterocarpaceas en el este de Kalimantan, Indonesia. Foto: GFMC

El fuego en los bosques lluviosos ecuatoriales

Estos son ecosistemas sensibles al fuego, en los que el principal problema es el uso del fuego para eliminar o talar el bosque, como sucede en la agricultura de roza y quema, en la que pequeñas zonas forestales se convierten temporalmente a usos agrícolas antes de permitir que vuelvan a tener vegetación forestal tras un periodo relativamente corto; y la conversión en plantaciones, tierras de cultivo y pastos (u otros usos no forestales del suelo), donde se modifican permanentemente grandes zonas forestales.

La limpieza y la quema siguen siempre el mismo patrón. Los árboles se talan al final de la estación húmeda y, para mejorar la eficacia de la quema, se deja secar la vegetación durante algunas semanas. En los bosques tropicales inalterados, la eficacia de la primera quema varía y puede no superar el 10-30% de la biomasa aérea, ya que sólo se consume una pequeña cantidad de la biomasa de los troncos de los árboles. El resto se trata con una segunda quema o se deja en el lugar para que se descomponga.

La agricultura de roza, tumba y quema proporcionaba un sistema sostenible a los habitantes indígenas de los bosques, y los impactos parciales tenían efectos limitados sobre el bioma forestal tropical en general. Hoy en día, se sigue practicando en muchas regiones tropicales, pero es cada vez más destructiva debido a las presiones demográficas, que provocan la ampliación de las zonas taladas y la reducción de los periodos

de barbecho (recuperación del bosque). Además, en muchas regiones de los trópicos se están convirtiendo cada vez más grandes extensiones de selva tropical primaria y secundaria para plantaciones, agricultura y pastizales (Page et al. 2013; Cochrane 2013).

El uso selectivo del fuego en los bosques lluviosos suele dar lugar a incendios forestales que escapan a todo control. El impacto de la sequía y el fuego en las selvas tropicales de Borneo y el Amazonas desde la década de 1980 demuestra que la vegetación inalterada puede volverse inflamable. En los años 1800 y 1900 se registraron en Borneo casos de incendios forestales asociados a sequías, y durante la sequía de 1982-83 numerosos incendios se propagaron más allá de las zonas de conversión forestal y de agricultura itinerante, afectando a unos 5 millones de hectáreas en Kalimantan Oriental, Indonesia, y las provincias malayas de Sabah y Sarawak (Goldammer y Seibert 1990). Los incendios de 1997-98 en el sureste asiático provocaron un total de 5 millones de hectáreas quemadas en Kalimantan Oriental, de las cuales 2,6 millones de hectáreas de bosque ardieron con diversos grados de daños (Heil y Goldammer 2001; y Siegert et al. 2001).

La regeneración del bosque después de un incendio no presenta un patrón coherente. Aunque los bosques de dipterocarpaceas tienden a ser altamente sensibles al fuego, tienen el potencial de regenerarse cuando las quemadas son moderadas. Sin embargo, los incendios recurrentes en los bosques pluviales conducen a su degradación con el tiempo, al reducirse continuamente

la cubierta forestal y la diversidad de especies y, finalizando con la invasión de hierbas pirófilas. Grandes extensiones de antiguos bosques húmedos tropicales de tierras bajas se han degradado y son ahora pastizales dominados por especies de *Imperata*, mantenidos por incendios con un intervalo de retorno corto.

El fuego en bosques estacionales

La presencia de periodos secos estacionales en los trópicos aumenta con la distancia desde la zona ecuatorial. Los bosques pluviales pasan gradualmente a bosques abiertos, semicaducifolios (semidecíduos) y caducifolios (deciduos) monzónicos, húmedos y secos. Entre los bosques caducifolios más cerrados y las sabanas de gramíneas se encuentra una amplia

gama de ecotonos. Dado que se utiliza una terminología variada para describir los bosques no perennifolios y las transiciones a las sabanas, el tipo de combustible predominante resulta más apropiado para distinguir las diversas formaciones (Goldammer 1991, 1993).

El término "bosque" se utiliza cuando los árboles y la materia leñosa dominan la mezcla de combustibles. Las principales características de los bosques relacionadas con los incendios son la disponibilidad estacional de combustibles inflamables (capas de hierba y hojas desprendidas), que permiten que el sotobosque (estrato de hierbas y arbustos) y el estrato superior (capa arbórea) sobrevivan e incluso aprovechen la influencia regular del fuego. Los rasgos adaptativos de las especies



Destrucción inducida por el fuego de un bosque tropical húmedo de tierras bajas en Kalimantan Oriental, Indonesia.

(a) Bosque tropical de dipterocarpaceas prístino (1980); (b) incendio de superficie tras la tala selectiva (1982); (c) fase posterior al incendio con algunos árboles aún en pie (1985); (d) fase posterior al incendio tras la muerte de más árboles con un sotobosque dominado ahora por especies pioneras, altamente inflamables en años extremadamente secos (1995); (e) tras un segundo incendio de gran intensidad (1998); y (f) fase final de sabanización e invasión por *Imperata cylindrica* (1998, en un lugar cercano quemado con frecuencia). Fuente: Goldammer et al. (1996) y Goldammer (1999). Fotos: GFMC



vegetales incluyen el grosor de la corteza, la capacidad de cicatrización (cicatrices de incendio), la capacidad de rebrote (ramas basales, brotes epicórmicos, yemas latentes y tubérculos leñosos) y las características de las semillas (serotinidad, o liberación de semillas tras el incendio, dispersión, latencia, etc.) (Stott et al. 1990; Goldammer 1993). Estos rasgos son elementos característicos de un ecosistema pirófilo.

Los árboles caducifolios se despojan de sus hojas durante la estación seca, creando una fuente anual de combustible superficial. Además, la capa de hierba deshidratada y la ya seca, junto con la capa de arbustos, se suman al combustible disponible, que suele oscilar entre 5 y 10 toneladas/ha. Los pastores, cazadores y recolectores de productos forestales no madereros suelen provocar incendios para quemar el suelo del bosque con el fin de eliminar el material vegetal muerto, estimular el crecimiento de la hierba y facilitar o mejorar la recolección de productos forestales. Los incendios suelen desarrollarse como fuegos superficiales de intensidad moderada y pueden extenderse por grandes áreas. La capa del dosel no suele verse afectada, aunque pueden arder copas aisladas a principios de la estación seca, antes de que se desprendan las hojas. En algunos casos, pueden producirse incendios en la misma zona varias veces al año; por ejemplo, un incendio a principios de la estación seca que consume la capa herbácea y otro posterior que quema la hojarasca desprendida.

Los incendios anuales tienen importantes impactos ecológicos en los bosques caducifolios y semicaducifolios. El fuego favorece en gran medida a las especies arbóreas tolerantes al fuego, que sustituyen a otras especies que crecerían en un entorno no perturbado. Por ejemplo, muchos bosques monzónicos del sudeste asiático continental volverían a ser bosques húmedos perennifolios si se eliminaran los incendios provocados por el hombre. Este efecto también se observó en Australia cuando se controlaron las prácticas aborígenes y los regímenes de incendios, y la vegetación de la selva tropical empezó a sustituir a las sabanas arbóreas propensas al fuego.

Los bosques caducifolios tropicales constituyen en gran medida un "clímax de incendios", es decir, su composición y dinámica están determinadas predominantemente por el fuego. Sin embargo, no son necesariamente estables desde el punto de vista ecológico, ya que los efectos a largo plazo de los incendios frecuentes provocan una considerable degradación del lugar. Por ejemplo, la erosión tiende a ser significativa debido al agotamiento de la capa protectora de hojarasca por el fuego justo antes del inicio de las lluvias monzónicas. En la India, las adaptaciones al fuego y la dependencia del fuego de árboles económicamente importantes como el sal (*Shorea robusta*) y la teca (*Tectona grandis*) han sido el centro de los debates sobre la política de control de incendios desde la época colonial.

El fuego en los pinares tropicales de tierras altas y bajas subtropicales

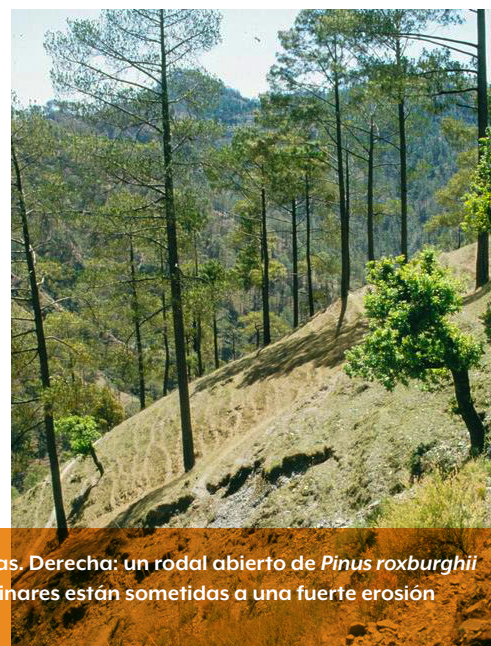
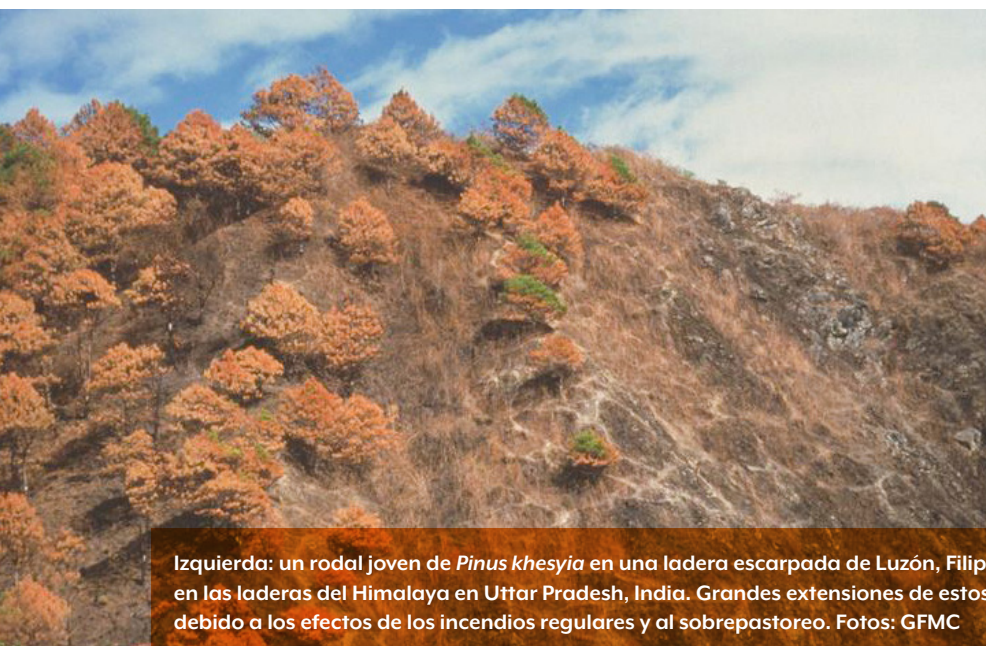
De las más de 100 especies de pinos, sólo algunas se extienden hasta los trópicos, pero ninguna se da de forma natural en África tropical ni en todo el hemisferio sur (excepto Sumatra). Los pinos tropicales se limitan en gran medida a las zonas de bosque húmedo montano bajo, normalmente en lugares secos con un clima estacional. La mayoría son pioneros y tienden a ocupar lugares alterados, como deslizamientos de tierras, tierras abandonadas y lugares quemados. En los subtrópicos, los pinos también se encuentran en tierras bajas.

La mayoría de los pinos tropicales muestran claras adaptaciones al fuego, con una corteza gruesa, raíces pivotantes, algunos brotes tras el incendio y una hojarasca muy inflamable. Los bosques pirófilos clímax de pinos tropicales, son mayormente el resultado de una larga historia de quemas regulares, y se encuentran en toda América Central, en las elevaciones medias del sur del Himalaya y en las elevaciones submontanas de gran parte del sudeste asiático. Al igual que en los bosques caducifolios tropicales, los incendios suelen ser provocados por pastores, cazadores y recolectores, pero también se propagan a causa del uso descuidado del fuego en las tierras de cultivo. El aumento de la frecuencia de los incendios provocados por el hombre ha dado lugar a un incremento general de pinos adaptados al fuego y de rodales exclusivos de pinos fuera de su área natural de distribución en un entorno sin incendios. En las zonas montañosas tropicales, el fuego también provoca un aumento de la distribución altitudinal, expandiendo

los cinturones de pinar desde altitudes medias hacia los bosques húmedos en tierras bajas y hacia los bosques latifoliados en mayores altitudes.

Los pinares pirófilos sub-clímax son también el resultado de una larga historia de incendios naturales y antropogénicos. En Norteamérica, el cinturón de pinos meridionales se extiende desde la zona costera subtropical a lo largo del Golfo de México hasta las regiones forestales templadas meridionales. Los pinos que pueden dominar o formar rodales puros están en permanente competencia con árboles latifoliados más sensibles al fuego. Los pinos adquirieron una ventaja competitiva gracias a los incendios naturales regulares provocados por rayos y a los incendios históricos provocados por la población precolombina y posteriormente por los colonos europeos. Sin embargo, este régimen de incendios se vio alterado por el influyente dogma europeo de la exclusión del fuego, que se impuso de forma inadecuada en Norteamérica a finales del siglo XIX, y en muchas otras zonas del mundo. En la década de 1970, las políticas públicas estadounidenses volvieron a modificarse, esta vez con el objetivo de restablecer los regímenes de incendios naturales y antropogénicos mediante la reintroducción de prácticas de quemas prescritas, y permitiendo que algunos incendios forestales ardieran dentro de los objetivos de manejo del fuego.

En las regiones tropicales y subtropicales, los bosques pirófilos clímax de pinos pueden sustentar grandes poblaciones humanas. Si se gestiona adecuadamente, el fuego crea bosques altamente productivos que pueden proporcionar suministros sostenidos de madera, leña,



Izquierda: un rodal joven de *Pinus khesyia* en una ladera escarpada de Luzón, Filipinas. Derecha: un rodal abierto de *Pinus roxburghii* en las laderas del Himalaya en Uttar Pradesh, India. Grandes extensiones de estos pinares están sometidas a una fuerte erosión debido a los efectos de los incendios regulares y al sobrepastoreo. Fotos: GFMC

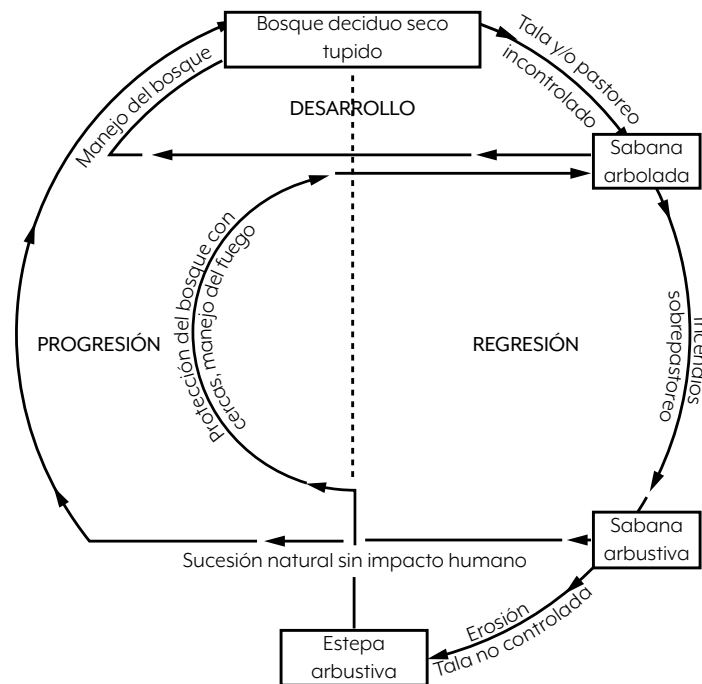


Figura 3. Esquema general de la degradación y rehabilitación del bosque caducifolio seco cerrado, inducida por el fuego incontrolado y el pastoreo (decreciente) y las medidas de protección (creciente). Adaptado de Verma (1972) (Traducido del original, en inglés)

resina y pastos. Sin embargo, el aumento de los incendios forestales, unido al pastoreo excesivo y a la tala excesiva, tienden a desestabilizar los pinares submontanos, lo que

provoca el agotamiento de los bosques, la erosión y la consiguiente inundación de las cuencas hidrográficas situadas ladera abajo.



Muchas sabanas tropicales húmedas son ecosistemas clímax estables, tales como las sabanas húmedas de Guinea en Costa de Marfil, que están sujetas a incendios habituales. La extrema tolerancia al fuego de las palmas (aquí: *Borassus aethiopum*) es un fenómeno pantropical. Foto: GFMC



Izquierda: carga de combustibles típica de agujas de pino en una plantación de *Pinus elliottii* de 9 años en Brasil, con una "escalera" de combustibles aéreos y ausencia de sotobosque. Derecha: Carga de combustible superficial en una plantación de *Pinus taeda* de 15 años tras el tercer claro. Fotos: GFMC

El fuego en sabanas y en bosques abiertos

Los distintos tipos de sabanas naturales están determinados por su origen edáfico, climático y orográfico, así como por la fauna (efecto del pastoreo, ramoneo y pisoteo) y el fuego (Cole, 1986). Además de las influencias antropogénicas, como el pastoreo y la recolección de leña y productos no madereros, la mayoría de las sabanas tropicales también se ven afectadas por las quemaduras provocadas regularmente por el hombre (Figura 3). Las interacciones de la fauna silvestre, los seres humanos y el fuego a lo largo de la historia son factores significativos en el desarrollo de las sabanas tropicales, y los análisis modernos siempre han considerado especialmente importante el papel del fuego.

En lo concerniente a la ecología del fuego, la distinción entre sabanas y bosques abiertos puede basarse en términos de la disponibilidad potencial de material combustible. En las sabanas herbáceas, la capa de gramíneas es el combustible exclusivo o predominante, mientras que en los bosques deciduos abiertos, el combustible predominante es la hojarasca de los árboles y el material leñoso del estrato arbóreo. En los bosques abiertos de sabanas (sabanas arboladas), la hierba es también una importante fuente de combustible superficial.

La disponibilidad de combustible varía en función de las distintas zonas bioclimáticas y fitogeográficas de la sabana (Menaut et al. 1991). En el árido Sahel de África Occidental, la biomasa aérea es de 0,5-2,5 t/

ha, aumentando a 2-4 t/ha en la zona mésica de Sudán y hasta 8 t/ha en la zona húmeda de Guinea. La frecuencia de los incendios depende en gran medida de la continuidad y densidad del combustible. Así, las sabanas con cargas relativamente altas y continuas de gramíneas inflamables, como las de la zona de Guinea, están sujetas a intervalos de retorno del fuego más cortos que las sabanas áridas. Además, la eficacia de la quema depende del contenido de humedad de la materia orgánica muerta y viva, por lo que los incendios al principio de la estación seca suelen consumir menos biomasa aérea que los que se producen al final de la misma.

Los incendios en plantaciones forestales

Las plantaciones forestales en los trópicos se establecen con tres fines principales: (i) satisfacer la demanda de la población local de madera, leña, productos forestales no madereros, etc., (ii) rehabilitar el paisaje o proteger el medio ambiente; por ejemplo, cinturones verdes, cinturones de protección, control de la erosión y estabilización de la arena; y (iii) establecer plantaciones industriales de monocultivos de madera, madera para pasta de papel o semillas oleaginosas, casi en su totalidad con especies exóticas (normalmente, pinos y eucaliptos). La producción de hojarasca en las plantaciones de especies de crecimiento rápido es extremadamente elevada y, con la exclusión de otros usos forestales, conduce a una acumulación de combustibles superficiales (capas gruesas de acículas/hojas, restos leñosos, corteza desprendida) y aéreos

(acículas desprendidas, hojas y ramitas que quedan atrapadas en las ramas).

Dentro de su área de distribución natural, tanto el pino como el eucalipto han desarrollado formaciones forestales moldeadas en gran medida por incendios naturales y provocados por el hombre. Los incendios frecuentes suprimen la vegetación sensible al fuego y favorecen la formación de arboledas homogéneas. La exclusión del fuego de estos ecosistemas clímax pirófilos conduce generalmente a una acumulación de combustibles y a un riesgo extremo de incendios forestales, donde los incendios de gran intensidad se vuelven altamente probables. Del mismo modo, estas plantaciones fueron establecidas sin considerar o introducir el fuego recurrente como elemento básico para estabilizar el desequilibrio biológico en la dinámica de los combustibles. En consecuencia, muchas de estas plantaciones son también muy vulnerables a sufrir incendios de gran intensidad.

La introducción del fuego prescrito en las plantaciones tropicales o la reintroducción del fuego en ecosistemas pirófilos en los que se han aplicado sistemas de gestión sin fuego, siguen siendo un campo y una práctica necesarios pero difíciles y requieren que se realicen cambios en la política de gestión del fuego (Goldammer y de Ronde 2004).

Conclusiones

A nivel mundial, se ha explorado ampliamente el papel del fuego natural en los ecosistemas, y del fuego cultural en la gestión del territorio. Este artículo ofrece un panorama general de las numerosas funciones e impactos y del papel del fuego en diferentes entornos dentro y alrededor de los bosques tropicales y, aunque no es exhaustivo, muestra que las soluciones y la toma de decisiones en materia de manejo del fuego deben basarse en pruebas científicas y técnicas históricas y contemporáneas.

Se han producido avances sustanciales en la comprensión de la aplicación de enfoques de manejo del fuego en los que las comunidades locales actúan en su propio interés para maximizar los beneficios del uso adecuado del fuego y evitar los daños causados por los incendios forestales. Por desgracia, sólo unos pocos países han puesto en marcha políticas y prácticas de manejo del fuego que aborden las causas subyacentes de la aplicación excesiva y perjudicial del fuego allí donde no es apropiado.

Referencias

- Cochrane MA. 2013. Current fire regimes, impacts and the likely changes - V: Tropical South America. In Goldammer JG. ed. *Vegetation fires and global change: Challenges for concerted international action*. White Paper to the UN and international organizations. Global Fire Monitoring Center (GFMC), Kessel, Remagen, 101-114. <https://gfmcoonline/wp-content/uploads/Vegetation-Fires-Global-Change-UN-White-Paper-GFMC-2013.pdf>.
- Cole MM. 1986. *The Savannas: Biogeography and botany*. London: Academic Press. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19880713815>.
- Crutzen PJ and Goldammer JG. eds. 1993. *Fire in the environment: The ecological, atmospheric, and climatic importance of vegetation fires*. Report of the Dahlem Workshop held in Berlin, 15-20 March 1992. Environmental Sciences Research Report 13. Chichester: John Wiley & Sons.
- Goldammer JG. ed. 2013. *Vegetation fires and global change: Challenges for concerted international action*. White paper to the UN and international organizations. Global Fire Monitoring Center (GFMC), Kessel, Remagen. <https://gfmcoonline/wp-content/uploads/Vegetation-Fires-Global-Change-UN-White-Paper-GFMC-2013.pdf>.
- Goldammer JG. 1999. Forests on fire. *Science* 284(17):1782-1783. <https://doi.org/10.1126/science.284.5421.1782a>.
- Goldammer JG. 1993. Feuer in Waldökosystemen der Tropen und Subtropen. Birkhäuser, Basel-Boston.
- Goldammer JG. ed. 1992. Tropical forests in transition. Ecology of natural and anthropogenic disturbance processes: An introduction. In Goldammer JG. ed. *Advances in Life Sciences*. Birkhäuser, Basel. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-7256-0_1.
- Goldammer JG. ed. 1990. Fire in the tropical biota: Ecosystem processes and global challenges. *Ecological Studies Series* Vol. 84. Springer, Berlin. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-75395-4>.
- Goldammer JG and de Ronde C. eds. 2004. *Wildland fire management handbook for sub-Saharan Africa*. Global Fire Management Center, Freiburg, Germany, and Oneworldbooks, Cape Town, South Africa. <https://gfmcoonline/latestnews/GFMC-Wildland-Fire-Management-Handbook-Sub-Saharan-Africa-2004.pdf>.
- Goldammer JG and Seibert B. 1989. Natural rain forest fires in Eastern Borneo during the Pleistocene and Holocene. *Naturwissenschaften* 76:518-520. <https://doi.org/10.1007/BF00374124>.
- Goldammer JG, Seibert B and Schindele W. 1996. Fire in dipterocarp forests. In Schulte A and Schöne FP. eds. *Dipterocarp forest ecosystems: Towards sustainable management*. Singapore: World Scientific Publishing, 155-185. https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9789814261043_0007.
- Heil A and Goldammer JG. 2001. Smoke-haze pollution: A review of the 1997 episode in Southeast Asia. *Regional Environmental Change* 2(1):24-37. <https://doi.org/10.1007/s101130100021>.
- Menaut JC, Abbadie L, Lavenu F, Loudjani P, Podaire A (1991) Biomass burning in West African savannas. In: Levine JL (ed) *Global biomass burning*, MIT Press, Cambridge, pp 133-142
- Page S, Rieley J, Hosco A, Spessa A and Weber U. 2013. Current fire regimes, impacts and the likely changes - IV: Tropical Southeast Asia. In Goldammer JG. ed. *Vegetation fires and global change: Challenges for concerted international action*. White Paper to the UN and international organizations. Global Fire Monitoring Center (GFMC), Kessel, Remagen,

89–99. <https://gfmcoonline/wp-content/uploads/Vegetation-Fires-Global-Change-UN-White-Paper-GFMC-2013.pdf>.

Siegert F, Ruecker G, Hinrichs A and Hoffmann AA. 2001. Increased damage from fires in logged forests during droughts caused by El Niño. *Nature* 414:437–440. <https://doi.org/10.1038/35106547>.

Stott P, Goldammer JG and Werner WL. 1990. The role of fire in the tropical lowland deciduous forests of Asia. In Goldammer JG. ed.

Fire in the tropical biota. Ecosystem processes and global challenges. Ecological Studies Series Vol. 84. Berlin: Springer, 21–44. https://doi.org/10.1007/978-3-642-75395-4_3.

Verma SK. 1972. Observations sur l'écologie des forêts d'Anogeissus pendula Edgew. *Bois et Forêts des Tropiques* 144:17–28. <https://doi.org/10.19182/bft1972.144.a19150>.

Afiliación de los autores

Johann Georg Goldammer, Director, Global Fire Monitoring Center (GFMC), Max Planck Institute for Chemistry and Freiburg University, Freiburg, Germany (fire@fire.uni-freiburg.de)