



# Construyendo Paisajes Resilientes a Incendios: Estrategias Integrales para Convivir con el Fuego

06 de mayo al 03 de junio del 2024




International  
Model Forest  
Network

Canada 



Serie Red Latinoamericana de Bosque Modelo

Publicación N° 18



# **Construyendo Paisajes Resilientes a Incendios: Estrategias Integrales para Convivir con el Fuego**

Cristina Vidal Riveros

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Turrialba, Costa Rica

2025

“This publication has been produced with the financial support of the Government of Canada through the International Model Forest Network (IMFN) Secretariat’s - IMFN Climate. The primary objective of this project is to support the development of leadership within the forestry sector across Latin American and Caribbean (LAC) countries, with a particular focus on promoting the active involvement of women and youth. Additionally, it aims to foster the generation of knowledge by connecting research with field demonstrations of restoration schemes, ultimately contributing to the preservation and enhancement of forest management and biodiversity”.

Esta publicación ha sido producida con el apoyo financiero del Gobierno de Canadá a través de la Secretaría de la Red Internacional de Bosques Modelo – IMFN Climate. El objetivo principal del proyecto IMFN Climate es apoyar el desarrollo del liderazgo dentro del sector forestal en los países de América Latina y el Caribe (ALC), con un enfoque particular en promover la participación activa de mujeres y jóvenes. Además, pretende fomentar la generación de conocimiento conectando la investigación con demostraciones de campo de esquemas de restauración, contribuyendo en última instancia a la preservación y mejora de la gestión forestal y la biodiversidad.

### Cita sugerida

Vidal, C. 2025. Paisajes Resilientes a Incendios Forestales (en línea). Serie Red Latinoamericana de Bosques Modelo. Turrialba. Costa Rica. CATIE. N°18. 50 p.

### Créditos

#### Autores:

Cristina Vidal Riveros

#### Edición técnica:

Fernando Carrera  
Juan Pablo Rodríguez Garavito

#### Diseño y diagramación

Tecnología de Información y Comunicación, CATIE



# Contenido

Índice de figuras.....	6
Resumen.....	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Resiliencia de los Paisajes.....	13
Factores que Influyen en la Resiliencia.....	19
Componentes ecológicos.....	20
Factores humanos.....	20
Impactos del cambio climático.....	21
Estrategias para Fomentar Paisajes Resilientes.....	22
Manejo Proactivo del Paisaje.....	23
Planificación Espacial y Ordenamiento Territorial.....	29
Políticas y Gobernanza.....	31
Educación y Prevención.....	33
Estudios de Caso.....	36
Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Sesc Pantanal.....	37
Incendio de Roses.....	40
Conclusiones.....	42
Bibliografía.....	45

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Imagen representativa de incendios en la actualidad.....	10
<b>Figura 2.</b> Imagen que evoca la construcción de un paisaje resiliente incendios.....	11
<b>Figura 3.</b> Imagen que representa la regeneración post incendio .....	14
<b>Figura 4.</b> Ilustración que representa a un grupo diverso de personas de una comunidad afectada por el fuego.....	16
<b>Figura 5.</b> Un paisaje que representa la interfaz urbano-forestal .....	18
<b>Figura 6.</b> Diferentes estrategias para el control de combustibles en el paisaje.....	25
<b>Figura 7.</b> Brechas Cortafuego como estrategia preventiva para el control de incendios .....	25
<b>Figura 8.</b> Barreras verdes contra incendio en el mediterráneo.....	27
<b>Figura 9.</b> Parches de bosques nativo como barrera natural para detener el fuego.....	28
<b>Figura 10.</b> Franjas forestales de prevención biológica contra incendios.....	29
<b>Figura 11.</b> Megaincendio del año 2023 en el sector de La Suerte .....	30
<b>Figura 12.</b> Brigada de incendios de la Reserva SESC Pantanal.....	38
<b>Figura 13.</b> Implementación de la quema prescrita para reducir la acumulación de combustibles.....	39
<b>Figura 14.</b> Imágenes del incendio de Roses en el Parque Natural Cap de Creus en Cataluña, España .....	40

## Resumen

Los incendios forestales son fenómenos naturales esenciales en muchos ecosistemas, pero su intensidad y frecuencia han aumentado significativamente debido al cambio climático y las actividades humanas. Este artículo aborda el concepto de paisajes resilientes al fuego, definidos como aquellos que pueden resistir, adaptarse y recuperarse de los incendios, minimizando sus impactos ecológicos, sociales y económicos. Se analizan los factores que influyen en la resiliencia, como la composición ecológica, las actividades humanas y los efectos del cambio climático, destacando la importancia de integrar estrategias de manejo proactivo del paisaje, planificación espacial, políticas de gobernanza y educación comunitaria. Entre las prácticas discutidas están la reducción de combustibles mediante quemas prescritas, cortafuegos y barreras verdes, así como la restauración de ecosistemas degradados con especies nativas resistentes al fuego. El artículo también explora casos de estudio, como el manejo en la Reserva Sesc Pantanal y el incendio de Roses en Cataluña, que ilustran la efectividad de enfoques integrados y colaborativos para mitigar el impacto de los incendios y fomentar la resiliencia. Concluye subrayando la necesidad de fortalecer la gobernanza, la participación comunitaria y el uso de herramientas tecnológicas en el monitoreo y la alerta temprana, priorizando la resiliencia en las políticas de gestión del paisaje para garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas y la seguridad de las comunidades.

**Palabras claves:** *paisaje, resiliencia, incendios, manejo de combustibles, gobernanza, participación comunitaria*

## Abstract

### Building Resilient Landscapes: Integrated Strategies for Living with Fire

Wildfires are natural phenomena essential to many ecosystems, yet their intensity and frequency have significantly increased due to climate change and human activities. This article addresses the concept of fire-resilient landscapes, defined as those capable of resisting, adapting to, and recovering from fires while minimizing their ecological, social, and economic impacts. The factors influencing resilience are analyzed, including ecological composition, human activities, and the effects of climate change. The importance of integrating proactive landscape management strategies, spatial planning, governance policies, and community education is emphasized. Key practices discussed include fuel reduction through prescribed burns, firebreaks, green barriers, and the restoration of degraded ecosystems with fire-resistant native species. The article also explores case studies, such as the management of the Sesc Pantanal Reserve and the Roses wildfire in Catalonia. These examples illustrate the effectiveness of integrated and collaborative approaches to mitigating wildfire impacts and promoting resilience. The conclusion highlights the need to strengthen governance, community participation, and the use of technological tools for monitoring and early warning systems. It advocates prioritizing resilience in landscape management policies to ensure ecosystem sustainability and community safety.

**Keywords:** *landscape, resilience, wildfires, fuel management, governance, community participation*

A photograph of a large tree trunk in a forest, with a green border overlay. The text "Introducción" is centered on the image.

# Introducción

Los incendios forestales son fenómenos naturales y, en algunos ecosistemas, esenciales para mantener procesos ecológicos clave. Sin embargo, en las últimas décadas, la frecuencia, intensidad y extensión de estos eventos han aumentado significativamente debido a la interacción del cambio climático y las actividades humanas. Sequías prolongadas, temperaturas más altas y un manejo inadecuado del uso del suelo están alterando los regímenes de incendios, poniendo en riesgo tanto los ecosistemas como las comunidades humanas que dependen de ellos.

El mundo ha intentado combatir los incendios en los paisajes durante décadas, y aunque se sabe ampliamente que la prevención de incendios y la gestión del paisaje pueden realizarse por una fracción del costo de la supresión de incendios (Snider et al., 2006), el enfoque estándar sigue siendo resistir el fuego. Sin embargo, el mundo está cambiando. El cambio climático está aumentando la frecuencia e intensidad de las sequías, los vientos fuertes y las altas temperaturas (IPCC, 2021), así como la superficie quemada a nivel regional (Williams et al., 2019). Los incendios son ahora tan grandes y dañinos que incluso las personas acostumbradas a vivir con el fuego no están preparadas para enfrentarlos ni sobrevivir a ellos (Portugal 2017; Grecia 2018/21; Gran Chaco y Pantanal 2020; Chile 2017/2023). Los incendios extremos e impredecibles se añaden al desafío de controlar los incendios en todo el mundo (Castellnou et al., 2019).



**Figura 1.** Imagen representativa de incendios en la actualidad, los cuales se caracterizan por ser cada vez más severos, intensos y de gran escala.

A nivel global, existe una necesidad crítica de estar preparados para vivir con incendios diferentes a los que conocemos del pasado. Vivir con el fuego requiere aceptar su papel natural en el paisaje (Myers, 2006), pasando de la supresión de incendios a la prevención y adaptación al fuego.



**Figura 2.** Imagen que evoca la construcción de un paisaje resiliente a incendios. Un paisaje devastado, marcado por las cicatrices de incendios forestales pasados, aunque resiliente y renovado. A lo lejos, un equipo de bomberos, vigilan atentamente el terreno. Están entre brasas de una quema controlada, mientras atienden cuidadosamente los cortafuegos. En primer plano, hay señales de advertencia y carteles de evaluación de peligro de incendio colocados de manera prominente. En el plano medio, un grupo de lugareños, diverso en edad, género y tono de piel, se reúne alrededor de un improvisado puesto de información, donde un guardaparques, está listo para educarlos sobre la importancia de las medidas de prevención de incendios, como la limpieza de hojarasca y la creación de espacios defensivos. Carteles informativos y diagramas están a la vista, reforzando el mensaje.

En este contexto, la resiliencia de los paisajes emerge como un enfoque crucial para abordar los desafíos asociados con los incendios. Un paisaje resiliente es aquel que puede resistir, adaptarse y recuperarse de los incendios, minimizando sus impactos ecológicos, sociales y económicos. Este concepto no solo implica manejar los riesgos de forma reactiva, sino también implementar estrategias proactivas que fortalezcan la capacidad adaptativa de los ecosistemas y las comunidades.

El objetivo de este documento es explorar los principios y estrategias que pueden fomentar paisajes resilientes a incendios. A través de un análisis de los factores ecológicos y antropogénicos que influyen en la dinámica del fuego, así como de ejemplos prácticos de manejo, se busca ofrecer un marco técnico y práctico para guiar esfuerzos de planificación y gestión.

En un mundo cada vez más afectado por los efectos del cambio climático, la construcción de paisajes resilientes no es solo una necesidad ecológica, sino también un imperativo para garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales y la seguridad de las comunidades. Este enfoque holístico encuentra su fundamento la gestión integrada del fuego (FAO, 2006; Rego et al., 2021), que maximiza los beneficios del fuego e incorpora valores sociales, económicos, culturales y ecológicos en cada etapa del ciclo de gestión (prevención, preparación, respuesta, mitigación y recuperación). Esto requiere una toma de decisiones informada por la ciencia, que solo puede lograrse con la cooperación y colaboración de equipos multidisciplinarios que incluyan a todos los actores involucrados. En este artículo, nos preguntamos cuáles son esos elementos/ factores relevantes que caracterizan a los Paisajes Resilientes a Incendios (PRI).



# Resiliencia de los Paisajes

La idea de un paisaje resiliente al fuego ha evolucionado en un intento por comprender la complicada relación entre la sociedad, la naturaleza y el fuego (Smith et al., 2016). Sin embargo, la definición de dicho paisaje sigue siendo indeterminada, sin directrices inherentes ni un modelo establecido (Wunder et al., 2021). La terminología relacionada con los eventos de incendios forestales suele ser controvertida, como lo ejemplifica Keeley (2009), quien identifica los posibles problemas derivados del uso flexible y cambiante de las terminologías como intensidad y severidad del fuego. En particular, la resiliencia del paisaje en el contexto de los incendios forestales es un término que se utiliza cada vez más, pero que sigue siendo ambiguo y, a menudo, se centra principalmente en las características ambientales (Moritz y Hessburg 2011; Magalhães et al., 2021).

Con el reconocimiento de que el enfoque dominante y reactivo frente a los incendios forestales está haciendo que los eventos extremos sean más frecuentes (Castellnou et al., 2019), la resiliencia ha ganado un protagonismo creciente a medida que la comunidad enfocada en el fuego busca superar las técnicas de supresión. La resiliencia, como concepto para comprender los sistemas ecológicos, fue definida por primera vez por Holling (1973) como “una medida de la capacidad de los sistemas para absorber cambios en las variables de estado, variables de control y parámetros y seguir existiendo”.



**Figura 3.** Imagen que representa la regeneración post incendio, como una forma de interpretar la resiliencia ecológica.

Esta definición también ha sido explorada y aplicada a sistemas más allá de la ecología. Por ejemplo, Gunderson y Holling (2002) desarrollaron el concepto de panarquía para aplicar la resiliencia de manera integrada tanto a sistemas sociales como ecológicos. Adger (2000) destaca las importantes retroalimentaciones y dependencias entre la resiliencia social y ecológica en el contexto de la gestión de recursos. Brown (2014) enfatiza aún más la dimensión social de la resiliencia, concluyendo que ha habido avances en la integración de factores sociales en el contexto del cambio ambiental global, aunque aún se necesita una mayor asimilación. La resiliencia también ha evolucionado desde la definición inicial de Holling (1973).

El concepto de resiliencia adaptativa surgió para entender cómo las características de los sistemas sociales pueden modificarse para adaptarse a nuevas condiciones, mientras que la resiliencia transformadora describe la capacidad de los sistemas para “avanzar” en circunstancias donde regresar a las condiciones previas es indeseable o imposible (McWethy et al., 2019).

A pesar de las investigaciones mencionadas sobre resiliencia que destacan la importancia de la integración social y ecológica, el enfoque típico para abordar los eventos de incendios forestales suele buscar una resiliencia específica del contexto, adoptando soluciones aisladas (Smith et al., 2016). Con frecuencia, solo se consideran las características ecológicas de un paisaje, como lo demuestra la definición de resiliencia al fuego del paisaje ofrecida por Magalhães et al., (2021): “la capacidad de un paisaje para absorber la perturbación causada por incendios rurales sin perder su función, estructura e identidad, debilitando en última instancia la frecuencia e intensidad o magnitud del fuego”.

Adámek y Wild (2016) también se centran en la resiliencia ecológica del paisaje, explorando la resiliencia de los bosques de pinos de Europa central ante incendios forestales, concluyendo que este paisaje es resiliente si se mantiene una cierta frecuencia de incendios, aproximadamente uno cada 200 años. Si bien la definición proporcionada por Magalhães et al., (2021) y el concepto de resiliencia ecológica pueden ser útiles, también es esencial reconocer la dimensión humana de los paisajes y la

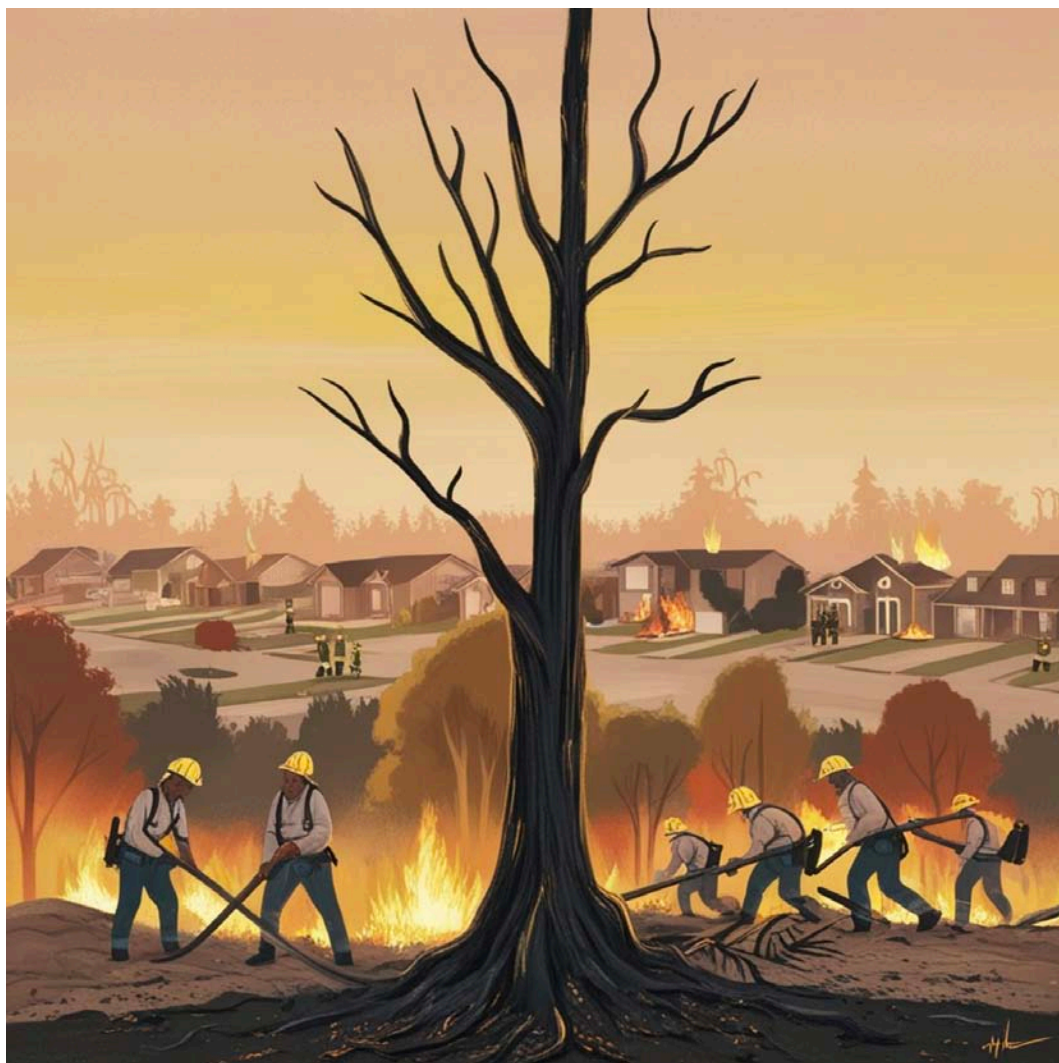
resiliencia comunitaria. Por ejemplo, Scalingi (2020) investiga la resiliencia comunitaria examinando cómo podría diseñarse un método holístico y multicomunitario para los residentes de áreas propensas a incendios en California. Vallianou et al., (2010) también se enfoca en la resiliencia comunitaria, explorando cómo las emociones y el apego al lugar ayudan a comprender cómo la recuperación postraumática está vinculada a la resiliencia.



**Figura 4.** Ilustración que representa a un grupo diverso de personas de una comunidad afectada por el fuego, unidas como símbolo de resiliencia y solidaridad frente a la adversidad.

Leone et al., (2020) introdujeron la idea de un territorio inteligente frente al fuego como un esfuerzo por enmarcar empíricamente el concepto de convivir con el fuego, abordando los incendios forestales mediante un sistema de gobernanza compartida. En este enfoque, las comunidades son empoderadas con conocimientos sobre resiliencia y tienen acceso a recursos profesionales proporcionados por el estado. Dentro de este sistema, existen dos escalas principales de resiliencia: (1) viviendas y bienes, y (2) paisajes naturales/bosques, combinando áreas que a menudo se abordan de manera aislada.

Moritz et al., (2014) también buscaron comprender la resiliencia al fuego en un sistema acoplado, analizando el impacto del fuego en cada sistema individual (social y ecológico) y su intersección en la interfaz urbano-forestal. Este estudio prioriza la importancia de los “buenos” fuegos, esenciales para que muchos ecosistemas sean resilientes al fuego. De manera similar, Smith et al., (2016) concluye que los incendios de baja intensidad deben ser aceptados en el paisaje junto con políticas, sistemas educativos y de intercambio de conocimientos. En el trabajo de Smith et al., (2016), la frase “firescape”, originalmente propuesta por Wood et al., (2011), se amplía para enfatizar la necesidad de desarrollar una perspectiva integrada de los incendios forestales, buscando entrelazar estos eventos en todos los aspectos del paisaje social y físico.



**Figura 5.** Un paisaje que representa la interfaz urbano-forestal. A lo lejos, un vecindario suburbano se encuentra con los incendios forestales; las casas y edificios están en llamas, con ventanas rotas y techos colapsados, transmitiendo el devastador impacto del fuego en los asentamientos humanos. Se muestra un delicado equilibrio entre el entorno natural devastado y el sistema social afectado, mientras personas, trabajan juntas para extinguir las llamas.



# Factores que Influyen en la Resiliencia

## Componentes ecológicos

A lo largo de la historia y hasta el presente, los incendios, tanto de origen natural como humano, han estado presentes en los ecosistemas de todo el planeta, con la excepción de la Antártida (Hardesty et al., 2005). Desde una perspectiva ecológica, los ecosistemas muestran diversas formas de interacción y respuesta ante el fuego. En algunos casos, el fuego cumple un rol positivo, siendo un elemento integral de la dinámica y el ciclo natural de ciertos ecosistemas. En otros, en cambio, el fuego provoca un impacto tal que puede llegar a causar extinción de algunas de las especies que lo componen; esto se debe principalmente a que las especies carecen de adaptaciones para resistir al fuego (Armenteras et al., 2020). La composición de especies, sus rasgos, la estructura de la comunidad y la heterogeneidad de un paisaje son características claves que aportan a la resiliencia de los paisajes. Por ello es elemental, conocer la composición y estructura de especies de un paisaje, teniendo en cuenta los rasgos resistentes al fuego.

## Factores humanos

La humanidad es uno de los principales factores detonantes de incendio en algunos territorios (Pausas y Fernández-Muñoz 2012), ya que somos responsables de los cambios de uso del suelo, producto de nuestras actividades socioeconómicas y de la toma de decisiones en torno al manejo de los recursos, lo que tiene consecuencias directas en el paisaje. Así por ejemplo, en la cuenca occidental mediterránea, Pausas y Fernández-Muñoz (2012) han evidenciado que la migración de población rural a las ciudades ha traído como consecuencia un aumento en la cantidad y conectividad de combustibles, lo que a su vez contribuyó a cambiar el régimen de incendios. En otros territorios, como en Latinoamérica, en cambio, la mayor concentración de población ha causado mayores eventos de incendio, debido a la habilitación de tierras boscosas para la agricultura y ganadería (Armenteras et al., 2020). En este sentido, en la actividad ganadera se utiliza el fuego para renovar la pastura, ya que es uno de los métodos más económicos y eficientes para dicho objetivo.

Por otra parte, la expansión urbana ejerce una influencia significativa en la dinámica de los incendios forestales, intensificando tanto su frecuencia como su impacto. A medida que las ciudades y asentamientos humanos crecen en áreas rurales o forestales, las interfaces urbano-forestales aumentan, creando zonas donde la actividad humana y los ecosistemas naturales interactúan estrechamente. Estas zonas suelen estar más expuestas a igniciones accidentales o intencionadas, derivadas de actividades humanas como quemas agrícolas descontroladas, uso de maquinaria o fogatas. Además, la urbanización fragmenta los paisajes naturales, reduciendo la capacidad de los ecosistemas para resistir y recuperarse de los incendios al alterar la conectividad de hábitats y modificar los regímenes de combustibles. Por otro lado, la expansión urbana también puede restringir el uso de herramientas clave de manejo, como las quemas prescritas, debido a preocupaciones por la seguridad de las personas, lo que dificulta la implementación de estrategias preventivas. En este contexto, es fundamental integrar la planificación urbana con la gestión del fuego para minimizar riesgos y promover paisajes resilientes.

## Impactos del cambio climático

El cambio climático está alterando profundamente los regímenes de incendios en todo el mundo al intensificar los factores climáticos que favorecen su ocurrencia y propagación. Las sequías prolongadas, resultado de la disminución de precipitaciones en muchas regiones (Jolly et al., 2015), secan la vegetación y aumentan la disponibilidad de combustibles altamente inflamables. Al mismo tiempo, el aumento de las temperaturas no solo exacerba la pérdida de humedad en el suelo y las plantas, sino que también prolonga la temporada de incendios, dando lugar a más días en los que las condiciones son propicias para su inicio (Jones et al., 2022). Además, la mayor variabilidad en los regímenes de lluvia puede generar un ciclo en el que períodos de lluvias intensas propician el crecimiento rápido de vegetación, que luego se convierte en combustible seco durante épocas de sequía (Argañaraz et al., 2015). Estos cambios crean un entorno donde los incendios son más intensos, extensos y difíciles de controlar, subrayando la necesidad de estrategias adaptativas para manejar paisajes en un clima cambiante.



# Estrategias para Fomentar Paisajes Resilientes

## Manejo Proactivo del Paisaje

### Reducción de combustibles: uso de quemas prescritas y manejo mecánico:

La continuidad de la vegetación desempeña un papel importante en el comportamiento potencial del fuego. La continuidad del combustible se divide en continuidad vertical y horizontal, refiriéndose a la continuidad del combustible en las direcciones vertical y horizontal, respectivamente (Sandberg et al., 2007). Una mejor continuidad vertical del combustible aumenta la probabilidad de que los incendios de superficie se transformen en incendios de copa. La continuidad horizontal del combustible determina el potencial de propagación del fuego al mismo nivel (Chandler et al., 1983). Los bosques de coníferas presentan una alta continuidad que favorece la propagación de incendios de copa. En contraste, los bosques mixtos de coníferas y frondosas, así como los bosques de frondosas, tienen baja continuidad de copa, lo que dificulta la propagación de incendios de copa. Según lo señalado en la literatura (McLauchlan et al., 2020), cuando la distancia entre los árboles supera los 100 m, el incendio de copa se transforma en incendio de superficie, y los incendios de copa intermitentes ocurren cuando la distribución del combustible es discontinua.

El contenido de humedad del combustible, su carga y distribución espacial en diferentes tipos de vegetación constituyen regímenes y comportamientos de fuego diversos a cada nivel espacial. Ajustando las propiedades físicas, cantidades y patrones de distribución del combustible, es posible mantener los tipos y estructuras de vegetación existentes en bosques o pastizales de una manera más sostenible (Cochrane et al., 2012). Se ha reconocido que la reducción en la tasa potencial de propagación y la intensidad de quema de los incendios implica un menor impacto del fuego en los paisajes locales y el entorno construido, permitiendo un retroceso positivo a la circulación atmosférica de la cual dependen tanto las plantas como los seres humanos (Ager et al., 2013).

El tratamiento de combustible constituye el tema central entre las diversas técnicas de prevención de incendios. Estos incluyen cortafuegos de ingeniería sin combustible en épocas anteriores, tácticas de reducción de combustible popularizadas en la década de 1960 y la posterior adopción de cortafuegos sombreados (Blackhall et al., 2017).

El tratamiento de combustibles es una forma común de mitigar los incendios forestales en áreas boscosas, y el establecimiento de zonas sin combustible puede considerarse una medida típica de tratamiento de combustibles en tiempos iniciales. La propagación del fuego se mitiga mediante la reducción simultánea de combustibles de superficie y de copa, lo que previene la ocurrencia de incendios destructivos de copa activa (Husari et al., 2006). Las técnicas actuales de tratamiento de combustibles pueden clasificarse en tres tipos: quema prescrita, tratamiento mecánico y tratamiento bioquímico.

La quema prescrita implica incendios deliberados en bosques y pastizales para reducir la cantidad de combustibles en la superficie, especialmente los finos (**Figura 6 a**). Además de los incendios intencionados, la quema prescrita también incluye incendios forestales bajo condiciones permitidas (Wei 2012). Como proceso ecológico, un incendio prescrito puede ser diseñado y controlado a un nivel específico para garantizar un impacto ambiental aceptable. El tratamiento mecánico (**Figura 6 b**) se basa principalmente en trabajos manuales o con maquinaria para eliminar los combustibles en bosques y pastizales localizados hasta los niveles deseados (Husari et al., 2006). Los métodos bioquímicos (**Figura 6 c**) implican inhibir el crecimiento de hierbas específicas mediante pastoreo o la aplicación de herbicidas químicos en áreas específicas (Rozendaal et al., 2010).

Una característica importante del tratamiento de combustibles es realizar la reducción del combustible según los tipos de combustible y los patrones de distribución. En este sentido los cortafuegos (**Figura 7**) son una forma de manejo de combustible, la cual ha sido históricamente utilizada en la protección de masas forestales, estructuras, infraestructuras y conglomerados habitacionales. Consisten en una faja en la cual se ha eliminado totalmente la vegetación, con el fin de romper la continuidad del combustible y modificar la velocidad de propagación del incendio, permitiendo con ello la detención o disminución del mismo (Toledo 2024).



a) Quema prescrita



c) Tratamiento bioquímico



b) Tratamiento mecánico

**Figura 6.** Diferentes estrategias para el control de combustibles en el paisaje



**Figura 7.** Brechas Cortafuego como estrategia preventiva para el control de incendios

La creación de cortafuegos sombreados es una receta representativa de adelgazamiento forestal, que básicamente consiste en eliminar los combustibles finos en el suelo o cambiar sus características altamente combustibles dentro de los cortafuegos, cortar los árboles con diámetros pequeños, conservar los árboles resistentes al fuego y aumentar la altura de la base de la copa desde el suelo (Agee y Skinner 2005).

## **Restauración de ecosistemas degradados: Promoción de especies nativas resistentes al fuego:**

Las barreras verdes contra incendios (**Figura 8**) se caracterizan por la plantación de especies de árboles de hojas anchas perennes dentro de comunidades vegetales inflamables para prevenir la propagación de incendios superficiales e incendios de copa. El ancho del área plantada generalmente varía de 15 m a 30 m, con el objetivo final de lograr una cobertura del dosel superior al 90% (Wang et al., 2015). Las especies de árboles seleccionadas tienen un follaje denso con un alto contenido de agua en las hojas, lo que les permite retener un suministro adecuado de agua dentro de las plantaciones. Los estudios existentes y las observaciones en el sitio han demostrado que la función de protección contra incendios de las zonas forestales de prevención biológica proviene de la estructura única del dosel formada por plantaciones densas de árboles de hojas anchas perennes. El incendio superficial se alivia debido a la inhibición del crecimiento de los combustibles en la superficie en las áreas de bandas, mientras que el incendio de copa se debilita y finalmente se bloquea al reducir continuamente la eficiencia de transferencia de calor dentro de las plantaciones desarrolladas.



**Figura 8.** Barreras verdes contra incendio en el mediterráneo. Plantación de ciprés, mismos que presentan resistencia a la ignición por su alto contenido de ceniza, y porque sus hojas tienen la habilidad de mantener durante el verano un alto contenido de agua

Las barreras verdes naturales (**Figura 9**) no inflamables mejoran la resiliencia del paisaje frente a los megaincendios y las condiciones climáticas extremas, y pueden ayudar a recuperar la heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje. En China, a partir de finales de la década de 1960, se promovió el crecimiento denso de rodales de bosques de hoja ancha perennifolios con un alto contenido de humedad en el follaje en áreas designadas, lo que se denominó la construcción de barreras verdes contra el fuego. Tras su construcción y mantenimiento durante varios “planes quinquenales”, su longitud total ahora supera el millón de kilómetros en todo el país (Wang et al., 2024).



**Figura 9.** Parches de bosques nativo como barrera natural para detener el fuego en las sábanas en el Chaco Húmedo paraguayo

Las franjas forestales de prevención biológica contra incendios a menudo exhiben estructuras compuestas, que incorporan una mezcla diversa de especies vegetales, como especies de árboles perennes y hierbas o arbustos perennes ubicados fuera o dentro de las áreas designadas (**Figura 10**). Esta diversificación amplía el ancho efectivo de las barreras, mejorando su eficiencia para bloquear la radiación térmica y absorber los escombros de combustible en llamas (barriles de fuego) provenientes de incendios forestales adyacentes (Wang et al., 2015). Al igual que los cortafuegos sombreados, las barreras verdes contra incendios actúan como escudos térmicos, facilitando el acceso de los equipos de bomberos al sitio del incendio y permitiendo organizar las actividades de respuesta al fuego con mayor eficacia.



**Figura 10.** Franjas forestales de prevención biológica contra incendios: bosques con vegetación mixta de coníferas y vegetación frondosa de hoja ancha

## Planificación Espacial y Ordenamiento Territorial

La planificación espacial y el ordenamiento territorial son herramientas esenciales para la prevención y gestión de los incendios forestales. Un diseño estratégico de las actividades socioeconómicas en el paisaje no solo puede reducir los costos asociados al combate y la prevención de incendios, sino también minimizar su impacto en los ecosistemas y las comunidades. Por el contrario, una planificación deficiente puede tener consecuencias devastadoras, como se evidenció en los megaincendios ocurridos en Chile en 2017 y 2023 (**Figura 11**), en parte atribuibles a plantaciones forestales mal diseñadas.

Las plantaciones de monocultivo, especialmente cuando consisten en especies altamente inflamables como el eucalipto y pino, presentan una alta vulnerabilidad a plagas y enfermedades que debilitan los árboles y aumentan significativamente el riesgo de incendios (Gómez-González et al., 2018). Además, la ubicación de estas plantaciones en áreas propensas a incendios incrementa la probabilidad de que el fuego se propague hacia bosques nativos y otras áreas de alto valor ecológico (**Figura 11**).



**Figura 11.** Megaincendio del año 2023 en el sector de La Suerte, comuna de Nacimiento, Región de Bio Bío, Chile. Cerros cubiertos con plantaciones forestales quemadas. Se observa un bosque nativo destruido en una quebrada (abajo a la derecha).

Para mitigar estos riesgos, es fundamental promover una estructura heterogénea en las plantaciones forestales, ya sea mediante la diversificación de especies o la variación en las edades de los árboles (heterogeneidad estructural). Esta heterogeneidad reduce la continuidad del combustible y, por lo tanto, disminuye la intensidad y propagación de los incendios. Asimismo, el establecimiento de cortafuegos bien diseñados, junto con barreras verdes eficaces, crea espacios seguros donde el fuego puede ser contenido o extinguido con mayor facilidad.

Una planificación adecuada no solo minimiza los riesgos de incendios forestales, sino que también contribuye a la sostenibilidad del paisaje, equilibrando las necesidades económicas, sociales y ecológicas.

## Políticas y Gobernanza

### Marcos legales para la gestión sostenible del paisaje.

En los últimos años, ha surgido un consenso creciente entre académicos y profesionales de que las prácticas de manejo del fuego centradas exclusivamente en la extinción de incendios son problemáticas y, en última instancia, insostenibles (Tedim et al., 2021). Este enfoque resulta a menudo ineficaz bajo condiciones extremas, puede aumentar el riesgo a largo plazo y, con frecuencia, ignora el papel ecológico fundamental del fuego en ecosistemas adaptados y dependientes de este fenómeno.

Medidas como la prohibición de quemas o la regulación estricta de prácticas tradicionales asociadas al uso del fuego han demostrado ser ineficaces para prevenir incendios, y en muchos casos han exacerbado conflictos sociales en diversas regiones (Ager et al., 2017). Los conceptos erróneos presentes en debates públicos y políticas relacionadas con incendios forestales (Pivello et al., 2021), junto con los desafíos derivados de más de un siglo de políticas orientadas exclusivamente a la supresión del fuego (Kane et al., 2019), han llevado a un cambio de paradigma hacia políticas que buscan comprender y manejar el fuego en lugar de simplemente extinguirlo. Este cambio también ha resaltado la necesidad de enfoques innovadores en la gobernanza del fuego que integren múltiples actores y perspectivas (François-Nicolas et al., 2018).

El Manejo Integral del Fuego (MIF) se presenta como un modelo participativo y colaborativo que abarca la formulación, implementación, monitoreo y evaluación de políticas, estrategias, y acciones para el manejo del fuego. Este enfoque no solo considera la respuesta ante incendios, sino también el conocimiento del fuego, la planificación para el desarrollo sostenible, y la restauración de áreas afectadas, incorporando su rol

ecológico y cultural. Su objetivo es equilibrar la conservación de los ecosistemas, la seguridad y el bienestar humano (FAO, 2006).

Varios países han avanzado en la incorporación del MIF en sus marcos legales. Por ejemplo:

- Panamá adoptó en 2019 la Resolución No. AG-0460-2009, que establece el Subprograma de Manejo Integrado del Fuego y la Política Nacional de Manejo Integrado del Fuego en Masas Vegetales.
- Ecuador, en el mismo año, integró el enfoque de MIF en su Código Orgánico del Ambiente.
- Bolivia aprobó la Ley “Uso y Manejo de Quemados” (PL-32212018-2019), asignando al Ministerio de Medio Ambiente y Agua la responsabilidad de desarrollar políticas de manejo integral del fuego.
- Paraguay promulgó en 2021 la Ley de Manejo Integral del Fuego, fortaleciendo su marco legal en esta área.

Estas normativas suelen incluir aspectos clave como la regulación del uso del fuego en actividades agrícolas y forestales, el monitoreo obligatorio de riesgos, y la promoción de prácticas sostenibles, como el manejo de combustibles y la restauración de áreas degradadas. También fomentan la coordinación interinstitucional y la participación comunitaria en la planificación y ejecución de estrategias de manejo.

No obstante, la efectividad de estos marcos legales depende de su implementación y cumplimiento. Esto requiere recursos financieros, capacidades técnicas y, sobre todo, voluntad política. Además, los marcos legales deben ser adaptativos, permitiendo ajustes frente a desafíos emergentes como los impactos del cambio climático y el aumento de la actividad humana en áreas naturales.

Fortalecer estos marcos legales y garantizar su aplicación es esencial para construir paisajes resilientes al fuego, proteger los ecosistemas y reducir los impactos negativos de los incendios a largo plazo.

# Educación y Prevención

## Sensibilización comunitaria y educación.

La mayor parte de los incendios son de origen antrópico; sobre todo en Latinoamérica; esto nos lleva a pensar en la importancia de la sensibilización comunitaria y la educación para formar conciencia sobre la forma de uso de fuego, sus impactos y consecuencias a corto, mediano y largo plazo.

Es urgente centrar la atención en la dimensión humana del fuego, y cómo diferentes individuos, comunidades e instituciones perciben y manejan el fuego. No es posible percibir el riesgo de un incendio forestal si se está desinformado, por tal motivo la capacitación, intercambios de experiencias y difusión son de vital importancia para concientizar a la comunidad.

Por otra parte, conectar a la ciencia con el conocimiento empírico de los conocedores locales aún es un reto. Aunque existe excelentes ejemplos de transferencia de conocimientos entre regiones geográficas por parte de los profesionales, también hay casos en los que las soluciones se buscan de manera local, lo que puede llevar a situaciones peligrosas, como encender fuegos tácticos en la misma dirección del viento o combatir sistemáticamente incendios en la cabeza del fuego. Al mismo tiempo, hay áreas donde la ciencia no tiene respuestas y donde los profesionales están adoptando enfoques de manejo activo que pueden ofrecer aprendizajes valiosos para la ciencia, basados en temas ya estudiados, probados y desarrollados sistemáticamente a nivel internacional. Esto puede dar lugar, en el mejor de los casos, a una duplicación de esfuerzos y, en el peor, a una falsa sensación de seguridad y al mantenimiento de prácticas potencialmente riesgosas (Stoof y Katridge 2022).

La diversa comprensión interdisciplinaria (entre disciplinas) y transdisciplinaria (entre la ciencia y la práctica) requerida para el manejo integrado del fuego es significativamente más amplia que la formación monodisciplinaria tradicional impartida en las universidades de todo el mundo. Por lo tanto, nuestros futuros

expertos deben ser formados de manera más integral. Además de contar con un enfoque profundo y una especialización, los futuros expertos deben: (a) comprender las causas sociales y ambientales, así como los impactos del fuego; (b) ser capaces de manejar la incertidumbre (reconociendo los aspectos desconocidos de su campo); (c) comunicar riesgos; y (d) establecer conexiones inter y transdisciplinarias para integrar conocimientos entre disciplinas, sectores y países.

## Monitoreo y alerta temprana de incendios.

El análisis del riesgo de incendios forestales es una actividad clave para desarrollar estrategias de prevención que minimicen la incidencia de estos eventos en los territorios. Sin embargo, persisten importantes debilidades en la generación y uso del conocimiento sobre el riesgo. Muchas veces, las instituciones encargadas de realizar estos análisis no comparten la información con otras entidades involucradas en la gestión de incendios. En los casos en que esta información es pública, a menudo no está estandarizada o las instituciones carecen de las capacidades necesarias para interpretarla de manera efectiva, limitando su utilidad en la toma de decisiones (Meza et al., 2023).

Para superar estas debilidades, es fundamental fomentar la colaboración interinstitucional y socializar los procesos mediante los cuales se genera la información de análisis de riesgo, asegurando que sea comprensible y accesible para todos los actores relevantes.

Además, el uso frecuente de simuladores de comportamiento y dispersión del fuego representa un área de oportunidad para fortalecer la gestión del riesgo de incendios forestales (Meza et al., 2023) La investigación y capacitación en el uso de estas herramientas tecnológicas permitirían una mejor predicción del comportamiento del fuego, proporcionando a los gestores y combatientes datos precisos para diseñar estrategias de control más efectivas. Estudios orientados a integrar tecnologías emergentes, como sistemas de información geográfica (SIG), modelos de predicción y herramientas de inteligencia artificial, podrían revolucionar la capacidad de respuesta ante incendios forestales.

La preparación, el entrenamiento y la comunicación efectiva son esenciales durante la temporada seca para prevenir y mitigar incendios (Molina, 2006). En este contexto, la comunicación comunitaria juega un papel crucial al notificar con rapidez sobre conatos de incendio o la realización de quemas prescritas. Las redes sociales pueden ser una herramienta poderosa para conectar a las personas en tiempo real y facilitar la difusión de alertas. Sin embargo, en áreas remotas, la falta de acceso confiable a internet sigue siendo un desafío significativo, lo que limita su efectividad en estos contextos.

Por lo tanto, es indispensable complementar las estrategias tecnológicas con sistemas de comunicación alternativos, como radios de onda corta o redes comunitarias organizadas, que puedan garantizar la transmisión de información oportuna en sitios con conectividad limitada.

Fortalecer los sistemas de monitoreo y alerta temprana con un enfoque integral y adaptativo no solo permitirá una mejor respuesta ante incendios forestales, sino que también contribuirá a reducir los riesgos y a construir territorios más resilientes frente al fuego.





# Estudios de Caso

## Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Sesc Pantanal

En el área de la Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Sesc Pantanal, antes de su creación (en el año 1997), se utilizaba el fuego para la cría de ganado y se aplicaban quemas controladas de manera habitual (Brandão et al., 2011). Sin embargo, después de la creación de la RPPN, no se llevaron a cabo quemas controladas, ya que la RPPN Sesc Pantanal adoptó una política de “cero fuego”. Las medidas preventivas se centraron únicamente en la educación ambiental, la movilización social y el desarrollo de capacidades. En todo Brasil, se ha demostrado que desde su implementación, la política de cero fuego ha aumentado los eventos de grandes incendios forestales, debido a la acumulación de carga de combustible en la vegetación no gestionada (Moura et al., 2019). Tras los incendios forestales en el Pantanal en 2020, se hizo evidente la necesidad de cambiar la gestión y la política de incendios en el bioma. Se introdujeron rápidamente estrategias e iniciativas, como la creación de brigadas comunitarias (**Figura 12**), voluntarias y privadas contra incendios, y el desarrollo de planes de manejo como el MIF. En 2021, se realizaron las primeras quemas prescritas experimentales en tres áreas pequeñas de la reserva (**Figura 13**) para mejorar la comprensión del comportamiento y la severidad del fuego por parte de los gestores. En conjunto con un aumento en los esfuerzos de investigación, esta expansión del conocimiento combinada con las necesidades de gestión de incendios, llevó a la decisión de implementar el enfoque MIF en la reserva. Además de continuar con los esfuerzos preventivos anteriores de la RPPN, el MIF requiere trabajo continuo en el mantenimiento de cortafuegos, la aplicación de quemas prescritas, la supresión de incendios forestales y el trabajo colaborativo con los vecinos de la reserva, organizaciones interesadas e investigadores (Sesc, 2023).



**Figura 12.** Brigada de incendios de la Reserva SESC Pantanal, Brasil.  
Foto: Gabriel Schlickmann

En consecuencia, se realizaron esfuerzos conjuntos con la colaboración de líderes comunitarios, científicos, el Departamento de Bomberos Militar y otras organizaciones de la sociedad civil (SOSPantanal, Mupan y Funatura) para desarrollar capacidades en las comunidades circundantes, instalar equipos modernos de monitoreo de incendios para detectar fuentes de ignición, recuperar los bosques sensibles al fuego que se quemaron en 2020 e invertir en investigación relacionada con incendios en la reserva (Sesc, 2023).



**Figura 13.** Implementación de la quema prescrita para reducir la acumulación de combustibles y prevenir mega incendios en la época seca. Foto: Gabriel Schlickmann

Se espera que la implementación del MIF dentro de la reserva cambie varios aspectos de su régimen de incendios, especialmente a través de quemas prescritas que tienen como objetivo controlar las cargas de combustible antes de la temporada crítica de incendios forestales. A medida que las quemas prescritas se llevan a cabo en áreas estratégicas y adaptadas al fuego al comienzo de la temporada seca o lluviosa, se espera que cambie la frecuencia y estacionalidad de los incendios, mientras se prevé que disminuyan la ocurrencia y la extensión de los incendios forestales (Ribeiro y Pereira, 2023; Santos et al., 2021). Estos cambios en la actividad de incendios requerirán una evaluación continua de sus efectos dentro de los ecosistemas de la reserva. Comprender la frecuencia óptima, el momento y la extensión de las quemas prescritas, la cantidad y estacionalidad de los combustibles finos que deben gestionarse, y los impactos en la biodiversidad, son algunos de los principales retos a enfrentar para modelar un paisaje resiliente al fuego.

## Incendio de Roses

El incendio de Roses, que se desató el 21 de febrero de 2022 en Cataluña, ejemplifica la compleja interacción entre la gestión de incendios forestales, la colaboración comunitaria y la resiliencia del paisaje. Cataluña, una región donde los incendios son un fenómeno natural, enfrenta desafíos constantes para mitigar sus impactos (Alcasena et al., 2019). El incendio de Roses afectó 400 hectáreas del Parc Natural del Cap de Creus (**Figura 14**), incidiendo principalmente en arbustos y pastizales (93%), con impactos menores en áreas cultivadas (0,5%) y boscosas (7,5%). Esto está en línea con los patrones de incendios de Cataluña, donde los matorrales, hogar de especies como el lentisco, el enebro y la brea, son los más afectados, mientras que los pinos de Alepo y las encinas son menos prevalentes (Moreira et al., 2011).



**Figura 14.** Imágenes del incendio de Roses en el Parque Natural Cap de Creus en Cataluña, España.

Los incendios grandes fuera de temporada, como el de febrero, se están volviendo más frecuentes debido a las sequías invernales vinculadas al cambio climático. La gestión proactiva de combustibles, que incluye el pastoreo de ganado, se implementó en el parque para mejorar la heterogeneidad de la vegetación y la biodiversidad. La colaboración entre los gestores del parque y el equipo de bomberos catalanes integró el riesgo de incendios en la planificación del paisaje, lo cual resultó crucial durante el incendio.

Esta colaboración se extendió a los propietarios privados de tierras, como la propietaria de un viñedo cuyo paisaje en mosaico sirvió como zona de amortiguamiento crítica y espacio de trabajo seguro para los bomberos. La confianza mutua entre las partes interesadas permitió que la propietaria del viñedo se mantuviera optimista a pesar de los daños menores, lo que ilustra los beneficios del compromiso comunitario y la gobernanza compartida.

El conocimiento y la experiencia del equipo de bomberos mantuvieron la intensidad y propagación del incendio bajo control, permitiendo que quemara los combustibles sin pérdidas significativas. La baja intensidad del incendio facilitó la regeneración natural de especies de matorrales resilientes y mejoró la resiliencia futura del paisaje frente al fuego. Los parches quemados ahora proporcionan cortafuegos estratégicos, reduciendo el riesgo de incendios de alta intensidad en condiciones extremas.

En resumen, el incendio de Roses subraya la importancia de integrar la gestión de incendios en la planificación del paisaje, fomentar la cooperación comunitaria y aprovechar el conocimiento experto en extinción de incendios para transformar incendios forestales potencialmente catastróficos en oportunidades para construir una resiliencia paisajística a largo plazo.



# Conclusiones

Un paisaje resiliente a los incendios debe incorporar estrategias clave para prevenir, combatir y recuperarse de los incendios forestales. En este documento, hemos discutido diversas estrategias, entre ellas el manejo de combustibles, que debe priorizar la promoción de la resiliencia adaptativa frente a los incendios, particularmente en el contexto del cambio climático y de regímenes de fuego cada vez más intensos.

Este enfoque requiere la implementación de prácticas que reduzcan las cantidades de combustible superficial, optimicen su contenido de humedad y alteren los patrones de distribución de la vegetación. Algunas de las técnicas más destacadas incluyen cortafuegos despejados, aclareo mecánico de combustibles, quemas prescritas, métodos bioquímicos, cortafuegos sombreados y barreras verdes contra incendios. Además, la creación de áreas de amortiguamiento que conserven especies nativas y vegetación con alto contenido de humedad resulta esencial para garantizar la diversidad y la funcionalidad en paisajes heterogéneos.

En lugar de intentar restaurar ecosistemas a condiciones históricas previas a los incendios, las acciones de manejo deben diseñarse para ayudar a las comunidades y ecosistemas a adaptarse a las condiciones actuales y futuras, teniendo en cuenta el cambio climático, los combustibles disponibles y el uso de la tierra. Esto implica moldear los paisajes antrópicos y naturales con un enfoque pragmático que reconozca la inevitabilidad de los incendios y trabaje en su coexistencia sostenible. Comprender las características de la vegetación, incluyendo su adaptabilidad y resiliencia en contextos ecológicos específicos, es clave para determinar las estrategias de manejo más efectivas en los paisajes que nos lleven a maximizar su resiliencia.

Sin embargo, el éxito de estas estrategias se complementa con la existencia de buena gobernanza, participación comunitaria y el fortalecimiento de las capacidades tanto institucionales como locales. Estos pilares son esenciales para enfrentar los desafíos que plantea el cambio climático y sus impactos asociados.

Con el conocimiento técnico y la experiencia disponibles, es posible desarrollar redes de colaboración conjunta para evitar incendios y establecer paisajes resilientes al fuego

que minimicen el riesgo y las pérdidas bajo condiciones meteorológicas cambiantes asociadas a una mayor incidencia del fuego. Integrar el manejo del fuego con objetivos ecológicos no solo reduce los costos asociados con la supresión de incendios y la recuperación de áreas quemadas, sino que también maximiza los beneficios económicos, sociales y ecológicos de estas actividades.

Finalmente, es imperativo priorizar la resiliencia en las políticas de gestión del paisaje. Este enfoque no solo contribuirá a la conservación de los ecosistemas y la seguridad de las comunidades, sino que también fomentará la creación de entornos sostenibles y productivos en el largo plazo.



# Bibliografía

- Adámek, M., V. Hadincová y Wild, J. 2016. Long-term effect of wildfires on temperate *Pinus sylvestris* forests: vegetation dynamics and ecosystem resilience. *Forest Ecology and Management*, 380: 285–295. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.08.051>.
- Adger, W.N. 2000. Social and ecological resilience: are they related? *Progress in Human Geography*, 24: 347–364. Disponible en: <https://doi.org/10.1191/030913200701540465>.
- Agee, J.K.; Skinner, C.N. 2005. Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecology and Management* 211(1–2): 83–96.
- Ager, A.A.; Evers, C.R.; Day, M.A.; Preisler, H.K.; Barros, A.M.G.; Nielsen-Pincus, M. 2017. Network analysis of wildfire transmission and implications for risk governance. *PLoS ONE* 12(3): e0172867.
- Ager, A.A.; Vaillant, N.M.; McMahan, A. 2013. Restoration of fire in managed forests: A model to prioritize landscapes and analyze tradeoffs. *Ecosphere* 4(2): 29.
- Argañaraz, J.P., Gavier Pizarro, G., Zak, M., Landi, M.A., Bellis, L.M. 2015. Human and biophysical drivers of fires in semiarid Chaco mountains of Central Argentina. *Science of The Total Environment* 520: 1–12. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.081>
- Armenteras, D., González, T.M., Vargas, O., Meza, M.C., Oliveras, I. 2020. Incendios en ecosistemas del norte de Suramérica: avances en la ecología del fuego tropical en Colombia, Ecuador y Perú. *Caldasia* 42(1): 1–16. Consultado 5 ene. 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.77353>
- Blackhall, M.; Raffaele, E.; Paritsis, J.; Tiribelli, F.; Morales, J.M.; Kitzberger, T.; Gowda, J.H.; Veblen, T.T. 2017. Effects of biological legacies and herbivory on fuels and flammability traits: A long-term experimental study of alternative stable states. *Journal of Ecology* 105(5): 1309–1322.
- Brandão, L.G., Antas, P. de T.Z., Oliveira, L.F.B. de, Pádua, M.T.J., Pereira, N. da C., Valutky, W.W. 2011. Plano de Manejo da Reserva Particular do Patrimônio Natural do SESC Pantanal. 2.ª ed.
- Brown, K. 2014. Global environmental change I: a social turn for resilience? *Progress in Human Geography*, 38: 107–117. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0309132513498837>.
- Castellnou, M.; Prat-Guitart, N.; Arilla, E.; Larrañaga, A.; Nebot, E.; Castellarnau, X., et al. 2019. Empowering strategic decision-making for wildfire management: Avoiding the fear trap and creating a resilient landscape. *Fire Ecology* 15(1): 1–17. doi: <https://doi.org/10.1186/s42408-019-0048-6>
- Chandler, C.; Cheney, P.; Thomas, P.; Trabaud, L.; Williams, D. 1983. *Fire in Forestry. Forest Fire Behavior and Effects*. Vol. 1. Hoboken, NJ, USA, John Wiley & Sons Inc.
- Cochrane, M.A.; Moran, C.J.; Wimberly, M.C.; Baer, A.D.; Finney, M.A.; Beckendorf, K.L.; Eidenshink, J.; Zhu, Z. 2012. Estimation of wildfire size and risk changes due to fuels treatments. *International Journal of Wildland Fire* 21(4): 357–367.
- FAO. 2006. *Fire management: Voluntary guidelines. Principles and strategic actions*. Fire Management Working Paper 17. Disponible en: [www.fao.org/forestry/site/35853/en](http://www.fao.org/forestry/site/35853/en)
- Gómez-González, S., F. Ojeda y P. M. Fernandes. 2018. Portugal and Chile: longing for sustainable forestry while rising from the ashes. *Environmental Science & Policy*, 81: 104–107.
- Gunderson, L. y C.S. Holling. 2002. *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Island Press.

- Hardesty, J., Myers, R., Fulks, W. 2005. Fire, ecosystems and people: A preliminary assessment of fire as a global conservation issue. *The George Wright Forum* 22(4): 78–86. Consultado 6 ene. 2025. Disponible en: <http://www.georgewright.org/224hardesty.pdf>
- Holling, C. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 1–23.
- Husari, S.; Thomas, H.N.; Neil, G.S.; Sugihara, S.L. 2006. Fire and fuel management. En: Sugihara, N. (ed.). *Fire in California's Ecosystems*. Oakland, CA, USA, University of California Press. p. 444–465.
- IPCC. 2021. *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Jolly, W.M., Cochrane, M.A., Freeborn, P.H., Holden, Z.A., Brown, T.J., Williamson, G.J., Bowman, D.M.J.S. 2015. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications* 6(1): 7537. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/ncomms8537>
- Jones, M., Abatzoglou, J., Veraverbeke, S., Andela, N., Lasslop, G., Forkel, M., Smith, A., Burton, C., Betts, R., Werf, G., Sitch, S., Canadell, J., Santín, C., Kolden, C., Doerr, S., Le Quéré, C. 2022. Global and regional trends and drivers of fire under climate change. *Reviews of Geophysics* 60. Disponible en: <https://doi.org/10.1029/2020RG000726>
- Keeley, J.E. 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, 18: 116–126. Disponible en: <https://doi.org/10.1071/WF07049> .
- Leone, T., F. Tedim y G. Xanthopoulos. 2020. Fire Smart Territory as an innovative approach to wildfire risk reduction. En: *Extreme Wildfire Events and Disasters: Root Causes and New Management Strategies*, pp. 201–215. Elsevier. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815721-3.00011-4> .
- Magalhães, M.R., N.S. Cunha, S.B. Pena y A. Müller. 2021. FIRELAN—an ecologically based planning model towards a fire resilient and sustainable landscape: A case study in center region of Portugal. Sustainability (Switzerland). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su13137055> .
- McLauchlan, K.K.; Higuera, P.E.; Miesel, J.; Rogers, B.M.; Schweitzer, J.; Shuman, J.K.; Tepley, A.J.; Varner, J.M.; Veblen, T.T.; Adalsteinsson, S.A., et al. 2020. Fire as a fundamental ecological process: Research advances and frontiers. *Journal of Ecology* 108(5): 2047–2069.
- McWethy, D.B., T. Schoennagel, P.E. Higuera, M. Krawchuk, B.J. Harvey, E.C. Metcalf, C. Schultz, C. Miller, et al. 2019. Rethinking resilience to wildfire. *Nature Sustainability*, 2: 797–804. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0353-8> .
- Meza, M.C.; González, T.; Armenteras, D. 2023. De la paradoja del fuego a la gobernanza del fuego. En: Meza, M.C. (ed.). *La paradoja del fuego: del contexto internacional al caso de Colombia*. Bogotá, D.C., Colombia, Universidad Nacional de Colombia. p. 20–33. ISBN: 978-958-49-8882-9.
- Molina G., Y. 2006. La participación comunitaria en la prevención y combate de incendios forestales: estrategias que la promueven. *Revista Forestal Latinoamericana* (40): 107+. Disponible en: <https://link.gale.com/apps/doc/A178754612/AONE?u=anon~d27cf992&sid=googleScholar&xid=a7636b39>
- Moritz, M.A. y Hessburg, P.F. 2011. The landscape ecology of fire—chapter 6 pyrogeography and biogeochemical resilience. *The Landscape Ecology of Fire*. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0301-8> .

- Moritz, M.A., Batllori, E., Bradstock, R.A., Gill, A.M., Handmer, J., Hessburg, P.F., Leonard, J., McCaffrey, S., et al. 2014. Learning to coexist with wildfire. *Nature* 515: 58–66. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nature13946>
- Moura, L.C., Scariot, A.O., Schmidt, I.B., Beatty, R., Russell-Smith, J. 2019. The legacy of colonial fire management policies on traditional livelihoods and ecological sustainability in savannas: Impacts, consequences, new directions. *Journal of Environmental Management* 232: 600–606. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.057>
- Myers, R.L. 2006. Convivir con el fuego. Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el manejo integral del fuego. Tallahassee, FL, USA, The Nature Conservancy (TNC). 30 p. Consultado 14 ene. 2025. Disponible en: [https://www.conservationgateway.org/Documents/el\\_manejo\\_integral\\_del\\_fuego.pdf](https://www.conservationgateway.org/Documents/el_manejo_integral_del_fuego.pdf)
- Pausas, J.G. y Fernández-Muñoz, S. 2012. Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: From fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climate Change* 110: 215–226.
- Pivello, V.R.; Vieira, I.; Christianini, A.V.; Ribeiro, D.B.; da Silva Menezes, L.; Berlinck, C.N.; Melo, F.P.L.; Marengo, J.A.; Tornquist, C.G.; Tomas, W.M.; Overbeck, G.E. 2021. Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. *Perspectives in Ecology and Conservation* 19(3): 233–255.
- Rego, F.C.; Morgan, P.; Fernandes, P.; Hoffman, C. 2021. Fire science: From chemistry to landscape management. En: Springer International Publishing. p. 509–597. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69815-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69815-7_13)
- Rozendaal, D.M.A.; Soliz-Gamboa, C.C.; Zuidema, P.A. 2010. Timber yield projections for tropical tree species: The influence of fast juvenile growth on timber volume recovery. *Forest Ecology and Management* 259(12): 2292–2300.
- Sandberg, D.V.; Riccardi, C.L.; Schaaf, M.D. 2007. Fire potential rating for wildland fuel beds using the fuel characteristic classification system. *Canadian Journal of Forest Research* 37(11): 2456–2463.
- Scalingi, P. L. 2020. Creating wildfire-resilient communities. En: *The Palgrave Handbook of Climate Resilient Societies*, pp. 1–28. New York: Springer.
- SESC. 2023. Plano de Manejo Integrado do Fogo da RPPN SESC Pantanal.
- Smith, A.M.; Kolden, C.A.; Paveglio, T.B.; Cochrane, M.A.; Bowman, D.M.; Moritz, M.A.; et al. 2016. The science of firescapes: Achieving fire-resilient communities. *BioScience* 66(2): 130–146. doi: <https://doi.org/10.1093/biosci/biv182>
- Snider, G.; Daugherty, P.; Wood, D. 2006. The irrationality of continued fire suppression: An avoided cost analysis of fire hazard reduction treatments versus no treatment. *Journal of Forestry* 104(8): 431–437.
- Toledo, F. 2024. ¿Qué son los cortafuegos y para qué sirven? Disponible en: <https://www.malaespinacheck.cl/pais/2023/12/11/cortafuegos-contra-incendios-que-son-y-para-que-sirven/>.
- Vallianou, K., T. Alexopoulos, V. Plaka, M.K. Selevanti, V. Skanavis y C. Skanavis. 2010. Building resilient communities: the traumatic effect of wildfire on Mati, Greece. *International Journal of Psychological and Behavioral Sciences*, 2531: 411–418.
- Wang, H.-H.; Tao, J.-J.; Sheng, C.-D. 2015. Innovation and the associated advantages in forest firebreak techniques. *World Forestry Research* 28(2): 46–52.

- Wei, Y. 2012. Optimize landscape fuel treatment locations to create control opportunities for future fires. *Canadian Journal of Forest Research* 42(6): 1002–1014.
- Williams, A.P.; Abatzoglou, J.T.; Gershunov, A.; Guzman-Morales, J.; Bishop, D.A.; Balch, J.K.; Lettenmaier, D.P. 2019. Observed impacts of anthropogenic climate change on wildfire in California. *Earth's Future* 7(8): 892–910. doi: <https://doi.org/10.1029/2019EF001210>
- Wood, S.W., Murphy, B.P., Bowman, D.M.J.S. 2011. Firescape ecology: How topography determines the contrasting distribution of fire and rainforest in the south-west of the Tasmanian Wilderness World Heritage Area. *Journal of Biogeography* 38: 1807–1820. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02524.x>
- Wunder, S.; Calkin, D.E.; Charlton, V.; Feder, S.; de Arano, I.M.; Moore, P.; Silva, F.R.; Tacconi, L., et al. 2021. Resilient landscapes to prevent catastrophic forest fires: Socioeconomic insights towards a new paradigm. *Forest Policy and Economics* 128: 102458. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102458>



CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).



Tel. + (506) 2558-2000



[comunica@catie.ac.cr](mailto:comunica@catie.ac.cr)



Sede Central, CATIE  
Cartago, Turrialba, 30501  
Costa Rica