ANÁLISIS DE LOS INCENDIOS FORESTALES: ÁREAS IMPACTADAS EN IMBABURA (2013–2022)

Causas, Consecuencias y Estrategias de Mitigación

Carlos Ramiro Arcos Unigarro
Jorge Luis Ramírez López
Oscar Armando Rosales Enríquez
Óscar Hernando Eraso Terán

ANÁLISIS DE LOS INCENDIOS FORESTALES: ÁREAS IMPACTADAS EN IMBABURA (2013–2022)

CAUSAS, CONSECUENCIAS Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

ANÁLISIS DE LOS INCENDIOS FORESTALES: ÁREAS IMPACTADAS EN IMBABURA (2013–2022)

CAUSAS, CONSECUENCIAS Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

Carlos Ramiro Arcos Unigarro
Jorge Luis Ramírez López
Oscar Armando Rosales Enríquez
Óscar Hernando Eraso Terán

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
UTN
IBARRA - ECUADOR

EDITORIAL
UTN
IBARRA - ECUADOR

CRÉDITOS

EDITORIAL UTN
IBARRA - ECUADOR

Autores:
Carlos Ramiro Arcos Unigarro
Docente Investigador – Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
Grupo de Investigación en Ciencias Forestales (GICFOR)
Universidad Técnica del Norte, Ecuador
crarcos@utn.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-0868-2988
Jorge Luis Ramírez López
Docente Investigador – Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
Grupo de Investigación en Ciencias Forestales (GICFOR)
Universidad Técnica del Norte, Ecuador
jlramirez@utn.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-2029-2560
Oscar Armando Rosales Enríquez
Docente Investigador – Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
Grupo de Investigación en Manejo y Recuperación de Suelos y Aguas, Gestión Territorial y Cambio Climático (MAGECLIM)
Universidad Técnica del Norte, Ecuador
oarosales@utn.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-7131-6203
Óscar Hernando Eraso Terán
Docente Investigador – Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
Grupo de Investigación en Ciencias Forestales (GICFOR)
Universidad Técnica del Norte, Ecuador
oheraso@utn.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-2716-1387

Pares académicos:
M.Sc. Lara Vásconez Norma Ximena – Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)
norma.lara@espoch.edu.ec
M.Sc. Tapia Zúñiga Mónica Virginia – Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM)
monica.tapia@unesum.edu.ec

Revisor de estilo:
Mgs. Jaime Rodrigo Tapia Cevallos – Universidad Técnica del Norte (UTN)
jrtapia@utn.edu.ec

ISBN: 978-9942-572-28-8
DOI: 10.53358/libficaya/DIJU7471

Ariana Sofía Realpe Caicedo – Estudiante – Diseño Gráfico – Diseño y Diagramación
asrealpec@utn.edu.ec

ÍNDICE

PRESENTACIÓN **10**

IMPORTANCIA DEL MANEJO Y PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES **13**

1.1 Introducción al Manejo y Protección Forestal 14
1.1.1 Estrato Bajo 15
1.1.2 Estrato Medio 16
1.1.3 Estrato Alto 16
1.1.4 Incidencia y Consecuencias Globales de los Incendios Forestales 17
1.1.5 Tendencias de los Incendios Forestales 18

CAUSAS Y TIPOLOGÍAS DE INCENDIOS FORESTALES **21**

2.1 Causas de los Incendios Forestales. 22
2.1.1 Factores Naturales 22
2.1.2 Factores Antrópicos 23
2.1.3 Principales Incendios Intencionales 23
2.2 Tipologías de Incendios Forestales 25
2.2.1 Incendios Subterráneos o de Subsuelo 26
2.2.2 Incendios superficiales de Pastos o Pajonales. 27
2.2.3 Incendio de Matorrales Arbustos o Chaparros. 27
2.2.4 Incendios de Copa. 28
2.3 Partes de un Incendio Forestal. 29

CONSECUENCIAS AMBIENTALES, ECONÓMICAS Y SOCIALES DE LOS INCENDIOS FORESTALES

3.1 Impacto Multidimensional de los Incendios Forestales 32
3.2 Impacto en la Salud y la Sociedad 35
3.3 Impacto sobre el Suelo 36
3.4 Impacto en la Capacidad de Retención de Agua. 37
3.5 Impacto en Flora y Fauna 38
3.6 Impacto en el Clima 39
3.7 Impacto en Ecosistemas Acuáticos 40
3.8 Impacto Económico 40

COMPORTAMIENTO DEL FUEGO Y FACTORES QUE LO INFLUYEN 43

4.1 El Triángulo del Fuego 44
4.2 Importancia del Estudio del Comportamiento del Fuego. 45
4.3 Factores que Influyen en el Comportamiento de los Incendios Forestales. 45

4.3.1 Factores Atmosféricos 46
4.3.2 Factores Topográficas que Influyen en el Comportamiento del Fuego 55
4.4 Los Combustibles y su Efecto en el Comportamiento del Fuego. 56
4.4.1 Tipos de Combustibles 56
4.4.2 Clasificación de los Combustibles 58
4.4.3 Disponibilidad del Combustible 59
4.4.4 Continuidad del Combustible 59
4.5 La madera como combustible 61
4.5.1 Densidad de la Madera 61
4.5.2 Sustancias Químicas de la Madera 61
4.5.3 Contenido de Humedad 61
4.5.4 Clasificación de Combustibles Forestales por Tamaño y Tiempo de Retardación 62
4.6 Intensidad del Fuego 63
4.7 La Ignición 64
4.8 Retardantes del Fuego 64
4.9 Mecanismos de Transmisión del Calor 65
4.9.1 La Conducción 66
4.9.2 La Convección 66
4.9.3 La Radiación 67
4.9.4 Las Pavesas 68

PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES 71
5.1 Marco Normativo sobre la Gestión Ambiental y la Prevención de Incendios Forestales en Ecuador 72
5.1.1 Constitución de la República del Ecuador (CRE, 2008) 72
5.1.2 Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017) 73
5.2 Detección Segura de los Incendios 74
5.2.1 Finalidad e Importancia de la Detección 74
5.2.2 Sistemas de Detección Terrestre Fija 74
5.2.3 Factores que Influyen en una Detección Eficiente 76
5.3 Formas de Ataque y Control del Fuego 77
5.3.1 Ataque Directo. 77
5.3.2 Técnica del Contrafuego 78
5.3.3 Ataque Indirecto 78
5.3.4 Fajas Cortafuegos 79
5.3.5 Acciones de Liquidación del Incendio 85
5.4 Quemas Prescritas o Quemas Controladas 86
5.4.1 Importancia de las Quemas Prescritas 87
5.4.2 Modalidades de Quema Controlada 87
5.4.3 Pastoreo Controlado 87
5.4.4 Manejo de Combustibles Forestales 88
5.4.5 Métodos Alternativos a las Quemas Prescritas 88
5.4.6 Tipologías Técnicas de Quemas Prescritas 89
5.5 Normas de Seguridad para el Manejo del Fuego y el Control de Incendios Forestales 89
5.5.1 Recomendaciones Generales para una Cultura de Seguridad 89
5.5.2 Prevención de Incendios Forestales 90
5.5.3 Acciones en Caso de Ser Atrapado por el Fuego 90
5.5.4 Seguridad Durante el Combate del Incendio 90
5.5.5 Seguridad en el Uso de Equipos y Maquinaria 91

5.5.6 Seguridad en el Transporte y Áreas de Descanso 92
5.5.7 Selección del Personal de Combate 92
5.6 Uso y Mantenimiento de las Herramientas de Combate 92
5.6.1 Descripción de Herramientas de Primer Ataque 93
5.6.2 Los Drones como Aliados del Medio Ambiente ante los Incendios Forestales 98

ESTADÍSTICAS DE INCENDIOS FORESTALES EN EL ECUADOR (2013–2022): ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL Y REFERENCIA AL CASO DE IMBABURA 99
6.1 Introducción 100
6.2 Análisis Nacional de Incendios Forestales (2013–2022) 100
6.2.1 Ocurrencia de Incendios Forestales en el Ecuador, año 2013 101
6.2.2 Ocurrencia de Incendios Forestales en el Ecuador, año 2014 101
6.2.3 Ocurrencia de Incendios Forestales en el Ecuador, año 2015 102
6.2.4 Ocurrencia de Incendios Forestales en el Ecuador, año 2016 103
6.2.5 Ocurrencia de Incendios Forestales en el Ecuador, año 2017 104
6.2.6 Ocurrencia de Incendios Forestales en el Ecuador, año 2018 104
6.2.7 Ocurrencia de Incendios Forestales en el Ecuador, año 2019 105
6.2.8 Ocurrencia de Incendios Forestales en el Ecuador, año 2020 106
6.2.9 Ocurrencia de Incendios Forestales en el Ecuador, año 2021 107
6.2.10 Ocurrencia de Incendios Forestales en el Ecuador, año 2022 107
6.3 Dinámica Histórica de los Incendios Forestales en Imbabura: Distribución, Persistencia y Evolución (2013–2022) 108
6.3.1 Ocurrencia de Incendios Forestales en la Provincia de Imbabura, año 2013 109
6.3.2 Ocurrencia de Incendios Forestales en la Provincia de Imbabura, año 2014 111
6.3.3 Ocurrencia de Incendios Forestales en la Provincia de Imbabura, año 2015 112
6.3.4 Ocurrencia de Incendios Forestales en la Provincia de Imbabura, año 2016 114
6.3.5 Ocurrencia de Incendios Forestales en la Provincia de Imbabura, año 2017 115
6.3.6 Ocurrencia de Incendios Forestales en la Provincia de Imbabura, año 2018 117
6.3.7 Ocurrencia de Incendios Forestales en la Provincia de Imbabura, año 2019 118
6.3.8 Ocurrencia de Incendios Forestales en la Provincia de Imbabura, año 2020 119
6.3.9 Ocurrencia de Incendios Forestales en la Provincia de Imbabura, año 2021 121
6.3.10 Ocurrencia de Incendios Forestales en la Provincia de Imbabura, año 2022 122
6.4 Análisis de Riesgos de Incendios en la Provincia de Imbabura 123
6.4.1 Pendiente del Terreno 125
6.4.2 Combustibilidad del Suelo 125
6.4.3 Índice de Sequía 125
6.4.4 Dirección del Viento 125
6.4.5 Riesgo Potencial 126

BIBLIOGRAFÍA 127

ANEXO 1: NÚMERO DE INCENDIOS Y ÁREAS AFECTADAS POR CANTÓN Y PARROQUIA EN LA PROVINCIA DE IMBABURA EN EL PERIODO 2013-2022 130

ANEXO 2 GLOSARIO DE TÉRMINOS 137

Presentación

En la última década, los incendios forestales se han intensificado en diversas regiones del Ecuador, y en particular en la provincia de Imbabura, generando afectaciones directas a la biodiversidad, los medios de vida de las comunidades rurales y los procesos ecológicos clave. La necesidad de comprender integralmente esta problemática se vuelve urgente para orientar estrategias de manejo forestal sostenible, mitigación de riesgos y restauración ecológica. En este contexto, el libro titulado "Análisis de los Incendios Forestales: Áreas Impactadas en Imbabura (2013–2022)" surge como una contribución académica y técnica que busca fortalecer el conocimiento aplicado sobre incendios forestales, desde un enfoque territorial, ecosistémico y preventivo.

La obra se estructura en seis capítulos que abordan de manera progresiva los aspectos esenciales para comprender la dinámica de los incendios forestales en el Ecuador, con énfasis en el caso de Imbabura. A continuación, se detallan los contenidos de cada uno de ellos:

Capítulo 1: Importancia del Manejo y Protección de los Recursos Forestales: Este capítulo introduce el valor ecológico, social y económico de los ecosistemas forestales y resalta los principales servicios ambientales que proveen. Se contextualiza la problemática de los incendios como una amenaza creciente, derivada de presiones antrópicas y de procesos de degradación ambiental.

Capítulo 2: Causas y Tipologías de Incendios Forestales: Se analizan las causas naturales y humanas que originan los incendios forestales, así como su clasificación según la posición del fuego, el tipo de vegetación afectada y la severidad. Se destacan las particularidades de los incendios en zonas altoandinas y su relación con las actividades agropecuarias.

Capítulo 3: Consecuencias Ambientales, Económicas y Sociales de los Incendios Forestales: Este capítulo aborda los impactos directos e indirectos que los incendios provocan sobre la biodiversidad, la estructura del suelo, los ciclos hidrológicos, la economía local y la salud de las poblaciones rurales. Además, se reflexiona sobre las implicaciones de mediano y

largo plazo para la resiliencia socioecológica.

Capítulo 4: Comportamiento del Fuego y Factores que lo Influyen: Se explican los principios físicos del comportamiento del fuego, considerando factores como el tipo y la disponibilidad del combustible, las condiciones meteorológicas, la topografía y los mecanismos de propagación. Se incorpora el análisis de los modelos de predicción del comportamiento del fuego.

Capítulo 5: Prevención de Incendios Forestales: En este capítulo se presentan estrategias integradas de prevención, incluyendo acciones comunitarias, normativa legal, educación ambiental, monitoreo temprano mediante tecnologías geoespaciales y uso de herramientas para la detección y el control inicial del fuego.

Capítulo 6: Estadísticas de Incendios Forestales en el Ecuador (2013–2022): Análisis Espacio-Temporal y Referencia al Caso de Imbabura: A partir del análisis de datos oficiales y registros georreferenciados, este capítulo presenta una síntesis de la incidencia de incendios a nivel nacional y su comportamiento espacio-temporal. Se realiza un análisis detallado del caso de la provincia de Imbabura, identificando parroquias críticas, tendencias de recurrencia y áreas prioritarias para la intervención. Propósito del Libro

Esta obra está dirigida a estudiantes, técnicos, investigadores, responsables de la gestión ambiental y a todos los actores involucrados en la prevención y control de incendios forestales. Su propósito es consolidar un enfoque integral que permita comprender, prevenir y enfrentar los incendios forestales desde la ciencia, la tecnología y la participación comunitaria, aportando al desarrollo de políticas y estrategias más eficaces.

Los autores agradecen profundamente a todas las personas e instituciones que han contribuido con información, datos, validación técnica y revisión académica de esta publicación. En especial, al Cuerpo de Bomberos de Ibarra, a la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Imbabura, y a los equipos técnicos que trabajan incansablemente en el monitoreo y control de incendios en el país.

Esperamos que este libro sirva como una herramienta de consulta, formación y acción para contribuir a la conservación de nuestros ecosistemas y a la construcción de paisajes más resilientes y sostenibles.

Los autores

Capítulo 1

Importancia del Manejo y Protección de los Recursos Forestales

1.1 Introducción al Manejo y Protección Forestal

Un incendio forestal es un fuego no controlado que se desarrolla en áreas naturales con vegetación susceptible de arder, propagándose rápidamente y afectando distintos estratos del ecosistema, desde la superficie del suelo hasta las copas de los árboles. Este fenómeno puede originarse de manera natural, como resultado de descargas eléctricas o erupciones volcánicas, o por actividades humanas, ya sean intencionales o accidentales, como las quemas agrícolas, el manejo inadecuado del fuego o el abandono de tierras.

En términos técnicos, un incendio forestal involucra la combustión de material vegetal seco o vivo, dependiendo de las condiciones climáticas, la disponibilidad de combustible, la topografía y los vientos, factores que determinan su comportamiento y velocidad de propagación. Los incendios forestales pueden clasificarse según el estrato afectado, como incendios de superficie, que queman pastos, hojarasca y materia orgánica; incendios de copa, que afectan la cubierta arbórea superior; o incendios subterráneos, que involucran combustibles orgánicos bajo la superficie, como turba o raíces.

En Ecuador, aproximadamente el 67% de los suelos pertenecen a las clases VII y VIII, con pendientes superiores al 30% (Stolpe, 2005). Estas características, sumadas a las condiciones climáticas adversas y procesos culturales, incrementan la vulnerabilidad a incendios forestales, particularmente en la región interandina.

Debido a las vastas superficies afectadas anualmente, los incendios forestales representan una grave amenaza para los bosques nativos, exóticos y áreas con categorías específicas de manejo. Esta problemática ha impulsado a diversas instituciones locales a buscar mejoras en los acuerdos y nexos de cooperación. Sin embargo, un desafío clave en el pasado fue la falta de uniformidad en los diagnósticos y resultados sobre los incendios, ya que cada entidad trabajaba de forma independiente. Actualmente, el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) y el Cuerpo de Bomberos, mediante el EQU 911, lideran la recopilación de estadísticas e informes sobre estos eventos, consolidándose como la fuente oficial para el análisis de intervenciones antrópicas o accidentales.

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2018, p. 35), las áreas protegidas del Ecuador continental más vulnerables a los incendios forestales son:

- Reserva Ecológica El Ángel: 87.90% de vulnerabilidad.
- Área Nacional de Recreación Quimsacocha: 80.30%.
- Parque Nacional Cajas: 69.40%.

Desde la perspectiva de la teoría de sistemas, los bosques pueden ser concebidos como complejos sistemas de entradas y salidas, donde interactúan bienes y servicios ecosistémicos esenciales. Además, han sido objeto de diversas cosmovisiones culturales que los consideran recursos inalterables con la capacidad de perdurar a lo largo del tiempo. Sin embargo, los bosques son ecosistemas dinámicos y resilientes, sujetos a transformaciones constantes que, gracias a las tecnologías y medios de información actuales, pueden ser analizadas en escalas multitemporales.

Berry (2002) destaca que "todo ecosistema es susceptible de experimentar cambios ecológicos, los cuales pueden derivarse tanto de acciones humanas como de perturbaciones naturales". Asimismo, afirman que "es común aceptar que las perturbaciones naturales constituyen un agente inherente a la dinámica propia de las comunidades vegetales" (p. 99).

Los incendios forestales afectan profundamente estos complejos ecosistemas, compuestos por una gran diversidad de árboles, plantas, animales y organismos del suelo. La falta de manejo adecuado del material combustible por parte de las comunidades es una de las principales causas de estos eventos, los cuales afectan desde los estratos más superficiales del suelo hasta los arbustos y las copas de los árboles.

Berry (2002) también señala que las sequías, frecuentemente subestimadas, tienen un impacto significativo en los incendios forestales. Según el autors, "la evidencia paleoclimática proveniente de la Amazonía de Guayana, Centroamérica y el Caribe indica que sus bosques han experimentado numerosos periodos secos durante los últimos 10 000 años" (pp. 97-113). A esto se suma el impacto de la zona de convergencia intertropical, caracterizada por bajas presiones y la confluencia de vientos alisios en la región ecuatorial, cuyas masas de aire frío, al descender, pueden generar descargas eléctricas que afectan a diferentes estratos y materiales forestales.

Para comprender mejor la propagación de los incendios forestales, los materiales combustibles pueden clasificarse por estratos de la siguiente manera:

1.1.1 Estrato Bajo

Comprende materiales como pastos secos, hojarascas, acículas de coníferas, humus, ramillas de árboles latifoliados, materia orgánica seca o en descomposición, frutos secos y tocones presentes en bosques en aprovechamiento o previamente aprovechados. Estos elementos constituyen una importante carga de combustible para los incendios forestales. Su impacto puede observarse en la Figura 1, que ilustra los efectos de incendios recurrentes registrados en 2023 en dos ubicaciones clave: junto al lago Yahuarcocha (a) y en el cantón Otavalo (b).

Figura 1.
Impacto de Incendios Recurrentes en el Estrato Bajo: a) Yahuarcocha; b) Otavalo

1.1.2 Estrato Medio

Está compuesto por arbolitos, arbustos, cultivos de ciclo corto, cultivos perennes y formaciones vegetales características de los páramos. Entre estas últimas destacan especies como el frailejón (*Espeletia pycnophylla*), la chupalla (*Fascicularia bicolor*), el mortiño (*Vaccinium floribundum*) y el maíz (*Zea mays*), entre otras. La Figura 2 ilustra ejemplos de este estrato en dos localidades (a y b), registrados en el año 2023.

Figura 2.
Composición del estrato medio en ecosistemas de la provincia de Imbabura

1.1.3 Estrato Alto

Se caracteriza por la formación boscosa superior, que incluye la cobertura arbórea y vegetal sobresaliente. Este estrato está compuesto por árboles plantados, bosques secundarios, áreas en regeneración, especies pioneras o naturales, y plantas epífitas tanto vivas como muertas. Es importante destacar la presencia de lianas entrecruzadas en las ramas de los árboles, las cuales actúan como facilitadores para el desarrollo de incendios forestales, creando cadenas convectivas que funcionan como "escalones naturales".

Se debe prestar especial atención a la diferenciación entre plantaciones y bosques nativos, ya que sus dinámicas frente al fuego pueden variar significativamente. La Figura 3 muestra incendios de copa recurrentes registrados en 2023 en dos localidades: Yahuarcocha (a) y Gonzáles Suárez, en el cantón Otavalo (b). Los principales materiales afectados en este estrato incluyen *Eucalyptus globulus* y vegetación inferior como *Bacharis floribunda*.

Figura 3.
Incendios de Copa Recurrentes en el Estrato Alto: a) Yahuarcocha y b) Gonzales Suárez

1.1.4 Incidencia y Consecuencias Globales de los Incendios Forestales

Según van Lierop & Moore (2019), la superficie afectada por el fuego a nivel mundial en el año 2000 se estimó en aproximadamente 350 millones de hectáreas. La mayor parte de estas áreas quemadas se localizaron en África, seguida por Australia, según la Evaluación Global del Manejo del Fuego de 2006. Desde entonces, se han realizado diversas evaluaciones que destacan la magnitud de los incendios, los daños causados y las pérdidas asociadas, incluyendo el deterioro de los servicios ecosistémicos. Estos impactos, además, se han reconocido como un problema de escala global, subrayando la necesidad de estrategias integrales para su manejo y mitigación.

Carreras & Tafunell Sambola (2006), mencionan que "anualmente se queman algunos centenares de millones de hectáreas en todo el planeta", Los incendios más significativos a nivel global en las últimas dos décadas se detallan en la Tabla 1. Según un reporte del World Resources Institute citado por Ortiz (2006), Indonesia registró aproximadamente 120,000 incendios en 2015. La magnitud de esta catástrofe ambiental llevó a países vecinos a suspender vuelos y actividades escolares, debido a las graves implicaciones climáticas. Durante los meses de septiembre y octubre de ese año, se reportaron emisiones diarias de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera, señalándose a Estados Unidos como uno de los mayores responsables del cambio climático. Este fenómeno resultó en la muerte de 19 personas y dejó a más de 500,000 requiriendo atención médica (Ortiz, 2006).

Además, países del sudeste asiático, como Singapur y Malasia, se vieron gravemente afectados. En respuesta, las naciones cercanas a Indonesia comenzaron a ejercer presión económica para abordar la situación. Por ejemplo, la industria papelera de Malasia anunció que dejaría de adquirir materia prima de empresas indonesias sospechosas de contribuir al desastre, el cual alcanzó un costo estimado de 43,000 millones de euros (Ortiz, 2006).

Tabla 1.

Registros de incendios forestales en países seleccionados: impactos y alcance

Año	País	Superficie afectada e impactos económicos y sociales
2015	Indonesia y Malasia	500 000 ha Pérdidas de $9 000 000.
1982 -1983	Costa de Marfil	12 000 000 ha
1987	Unión Soviética	14 500 000 ha
1987	China	1 300 000 ha 50 000 personas damnificadas.
1996 -1997	Mongolia	1 700 000 ha (1996) 12 400 000 ha (1997) Pérdidas de $2 000 000 000
1996 -1998	Indonesia	9 000 000 ha aproximadamente Pérdidas de $10 000 000 000
1990 -2000	España	700 000 ha

Fuente: Ortiz, (2006)

1.1.5 Tendencias de los incendios forestales

La tendencia mundial de los incendios forestales muestra un probable incremento tanto en la frecuencia de los eventos como en la extensión de las áreas afectadas. Este aumento está relacionado con factores naturales y, principalmente, con la intervención humana, cuya influencia podría intensificarse en los próximos años. Aunque los bosques poseen una notable capacidad de resiliencia, resulta imperativo adoptar acciones concretas para prevenir o, al menos, mitigar los impactos generados por los incendios forestales.

El cambio climático, la alteración de la cobertura boscosa y vegetal, la transformación del uso del suelo, el crecimiento urbano y otras actividades humanas representan factores que contribuyen de manera significativa, y a menudo impredecible, a la propagación del fuego. Por lo tanto, es crucial establecer estrategias integrales de manejo forestal que permitan reducir su incidencia y efectos.

Según Ruiz-Corzo et al. (2022), los incendios forestales no solo se consideran catástrofes ambientales, sino también un problema de seguridad comunitaria. Los autores destacan que factores como el cambio climático, el abandono de las áreas rurales y la expansión urbana han creado condiciones propicias para que los incendios forestales alcancen dimensiones sin precedentes. En palabras de los investigadores, estos elementos "generan las condiciones perfectas para que los incendios cobren una peligrosidad desconocida hasta hace poco".

En el año 2017, se registraron incendios devastadores en distintas partes del mundo, con graves repercusiones tanto para los bienes materiales como para la vida humana. En Portugal, los incendios causaron numerosas pérdidas humanas, mientras que eventos similares ocurrieron en Cataluña, Galicia y las cumbres de Gran Canaria, consolidándose como un año de alta recurrencia en Portugal (Fernandes et al., 2022; Sarro et al., 2021).

De acuerdo con Weisse & Goldman (2017), el año 2016 marcó un aumento significativo en la pérdida de áreas forestales a nivel mundial, con una destrucción de 29.7 millones de hectáreas, un incremento del 51% respecto al año anterior. Se atribuye esta escalada a fenómenos como El Niño, el cambio climático y una gestión inadecuada del suelo.

Un factor clave en la propagación de incendios es la prevalencia de especies altamente inflamables, como el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), que, combinado con la ausencia de medidas preventivas adecuadas, como la construcción eficiente de cortafuegos, contribuye al desarrollo de incendios forestales.

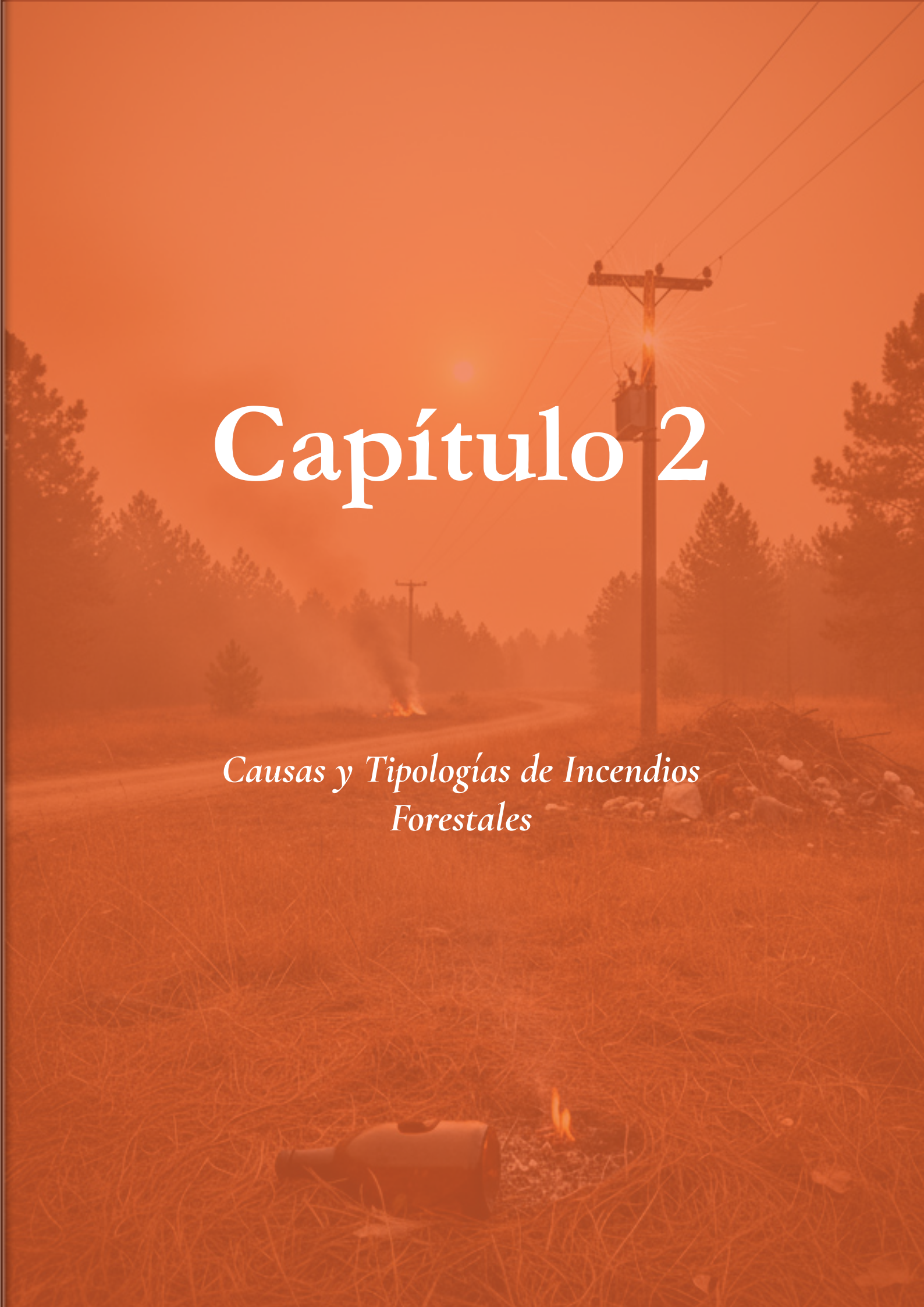
En África Central, la República del Congo enfrentó el incendio forestal más grande jamás registrado en la región, con 15 000 hectáreas destruidas a principios de 2016. En mayo del mismo año, Canadá experimentó un evento devastador en Fort McMurray, donde más de 600 000 hectáreas fueron arrasadas, causando pérdidas económicas estimadas en 8.8 mil millones de dólares (Weisse & Goldman, 2017).

Los incendios forestales y la deforestación tienen impactos profundos, incluyendo un aumento en muertes prematuras, enfermedades, pérdidas económicas significativas, afectación a fuentes de agua, pérdida de biodiversidad y la liberación masiva de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera. Estas consecuencias refuerzan la necesidad de invertir en áreas afectadas por incendios (zonas negras) y en estrategias de prevención (zonas verdes).

Una medida importante es el manejo adecuado del uso del suelo, destinándolo a actividades agroforestales, agrícolas, pecuarias, urbanísticas o industriales. La tecnología disponible hoy en día, como los satélites y drones, permite monitorear los incendios aislados o recurrentes, así como su impacto en la composición florística, la estructura horizontal y vertical de la vegetación y la flora y fauna locales. Sin embargo, cuando los incendios son frecuentes y no se controlan, se produce un daño irreversible en los ecosistemas. La vegetación restante, después de un primer incendio, se vuelve más vulnerable a nuevos eventos, lo que incrementa la fragilidad del suelo y disminuye su calidad estructural y textural.

En Ecuador, particularmente en la provincia de Imbabura, las investigaciones han identificado áreas que han sido afectadas periódicamente durante las épocas secas. A pesar de esto, algunas de estas zonas muestran una notable capacidad de recuperación, lo que evidencia cierta preparación natural para enfrentar incendios recurrentes.

Es fundamental destacar que los incendios forestales, tanto normales como recurrentes, tienen un impacto significativo en las condiciones socioeconómicas de las comunidades rurales marginadas. Estas poblaciones, dependientes de los recursos forestales para su sustento, enfrentan mayores dificultades económicas cuando los incendios afectan su entorno y los recursos de los que dependen para sobrevivir.



Capítulo 2

Causas y Tipologías de Incendios Forestales

2.1 Causas de los incendios forestales

Los incendios forestales representan una de las principales amenazas para los ecosistemas terrestres, causando pérdidas significativas en biodiversidad, recursos naturales y bienes económicos. Comprender las causas y tipologías de estos eventos es esencial para implementar estrategias de prevención y mitigación efectivas. Este capítulo analiza detalladamente las causas de los incendios forestales desde una perspectiva integral, distinguiéndolas entre factores naturales y actividades antrópicas.

En este contexto, el Cuerpo de Bomberos de Ibarra identifica las principales causas de los incendios forestales, clasificándolas con base en los porcentajes que se presentan en la Tabla 2 (Cuerpo de Bomberos de Ibarra, 2014). Esta información es fundamental para entender la proporción relativa de los diferentes factores que contribuyen al inicio de los incendios.

Tabla 2.
Causas de los incendios forestales según el Cuerpo de Bomberos de Ibarra

Causas	%
Naturales	5
Intencionales	40
Negligencia	25
Desconocidas	25
Ferrocarriles	1
Otras causas	4

Fuente: (Cuerpo de Bomberos de Ibarra, 2014)

En el presente libro, las causas de los incendios forestales se abordarán distinguiéndolas entre factores naturales y actividades antrópicas, permitiendo una comprensión más amplia de las complejidades asociadas a este fenómeno.

2.1.1 Factores naturales

Los incendios forestales provocados por causas naturales constituyen una proporción significativa en regiones específicas. Factores como los rayos, erupciones volcánicas y combustión espontánea se han documentado ampliamente en zonas de alta actividad climática o geológica. En particular, los rayos representan una de las principales causas naturales, vinculados a tormentas secas donde no hay precipitación que controle el fuego inicial.

Entre las causas naturales de los incendios forestales, se identifican aquellos que pueden generarse por conducción o contacto directo. Entre estos destacan:

- **Tormentas eléctricas:** Producen rayos que, al impactar sobre materiales inflamables, pueden iniciar incendios, especialmente en condiciones de sequía.
- **Erupciones volcánicas:** Emiten material incandescente, como lava y cenizas calientes, que actúan como fuentes de ignición.
- **Contacto con vidrio (efecto lupa):** Fragmentos de vidrio en el suelo concentran la luz solar, generando suficiente calor para encender materiales combustibles.
- **Combustión espontánea natural:** Ocurre en acumulaciones de material orgánico, como hojas y turba, bajo condiciones específicas de calor y humedad.

2.1.2 Factores antrópicos

Los incendios forestales originados por actividades humanas, conocidos como factores antrópicos, representan una de las principales causas de estos fenómenos a nivel mundial. Estos incendios suelen ser producto de negligencias, actos intencionales, accidentes o desconocimiento, lo que subraya la importancia de un análisis exhaustivo de las acciones humanas en la dinámica de los incendios forestales.

En esta sección se explorarán dos categorías principales de factores antrópicos:

Intencionales o por Inducción

Incluyen situaciones en las que el incendio es provocado deliberadamente o por descuido. Entre estas causas se encuentran:

Negligencias: Fogatas mal apagadas, colillas de cigarrillos y otras acciones imprudentes.

Intencionadas: Incendios provocados con fines económicos, conflictos sociales o vandalismo.

Desconocidas: Casos en los que no se logra determinar la causa específica.

Incendios subterráneos no controlados: Fuegos que permanecen activos en el subsuelo y reaparecen en la superficie.

Reproducciones de incendios anteriores: Focos secundarios generados por incendios previos.

Accidentales

Engloban eventos fortuitos que resultan en incendios sin intención deliberada de causar daño, tales como:

- **Causas fortuitas:** Eventos imprevisibles o inevitables.
- **No intencionadas:** Errores humanos que, aunque involuntarios, generan focos de incendio.
- **Vehículos:** Chispas o pavesas provenientes de tubos de escape o sistemas defectuosos.
- **Líneas eléctricas:** Fallos en infraestructuras eléctricas que generan chispas en zonas forestales.

2.1.3 Principales incendios intencionales

Quemas Agrícolas

Las quemas agrícolas constituyen una práctica común entre los agricultores, utilizada para eliminar restos de vegetación indeseada. Esta técnica, debido a su bajo costo y esfuerzo requerido, se mantiene vigente en las labores rurales. Según tradiciones ancestrales, en algunos casos se quema el páramo para renovar el pasto, aunque estas creencias no tienen sustento científico.

La falta de precaución y manejo inadecuado del fuego por parte de los agricultores contribuye significativamente a la propagación de incendios forestales. Factores atmosféricos como el viento pueden convertir un fuego controlado en un evento incontrolable que afecta áreas adyacentes. Un ejemplo recurrente es la quema de residuos agrícolas, como los de cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Basta con que una chispa o pavesa sea arrastrada por el viento para desencadenar un incendio con consecuencias devastadoras para el suelo y el ambiente.

Desde la cosmovisión andina, estas prácticas también se asocian con el llamado a las lluvias en épocas de sequía, o se utilizan para mitigar heladas nocturnas. Sin embargo, estas prácticas culturales incrementan el riesgo de incendios debido a la ausencia de medidas preventivas.

Figura 4.
Quemas agrícolas en Olmedo (a) y Angochagua (b)

Quemas de Pastizales

Los pastizales, debido a su naturaleza como material combustible fino o ligero, son altamente inflamables y favorecen la combustión bajo la acción del viento. Este tipo de incendios puede tener graves repercusiones económicas y ambientales.

Piromanía y Excursionistas

Durante la temporada seca, es común identificar incendios forestales relacionados con actividades de pirómanos y excursionistas. Estas situaciones generan incendios intencionados o no intencionados que agravan la problemática en regiones vulnerables.

Además, los desechos provenientes de actividades de aprovechamiento forestal, como ramas y restos vegetales medianos o gruesos, actúan como combustibles que facilitan la ignición. Por su parte, las carboneras, debido a su contenido de resinas, gomas, látex y otros compuestos inflamables, también contribuyen a la propagación de incendios.

Cacería Furtiva

Aunque menos documentada, la cacería furtiva puede ser una causa de incendios forestales. Los cazadores, al encender fuegos para acorralar presas en días con fuertes vientos, generan condiciones propicias para la propagación descontrolada del fuego.

Fumadores

Las colillas de cigarrillos arrojadas descuidadamente en áreas con material combustible

fino, como hojas secas o pasto, pueden iniciar incendios forestales.

Problemas de Litigios y Venganza

Las disputas entre propietarios colindantes, conflictos por límites territoriales o actos de venganza pueden derivar en la provocación intencionada de incendios forestales.

Colmeneros

En la apicultura, el uso de carbón o trozos de leña encendidos para producir humo durante el manejo de abejas puede generar incendios accidentales si no se toman las precauciones necesarias.

Otras Causas Consideradas

Además de las mencionadas, existen otros factores que pueden contribuir a los incendios forestales, tales como:

- Daños causados por animales.
- Animadversión contra comunidades.
- Vandalismo.
- Cambio de uso del suelo.
- Disputas de titularidad.
- Disminución en el precio de la madera.
- Otras causas no especificadas.

2.2 Tipologías de incendios forestales

Desde una perspectiva forestal, el fuego puede originarse de manera natural, accidental o intencional, afectando combustibles vivos y muertos de distintas características: livianos, gruesos o pesados. Estos materiales suelen estar ubicados en áreas boscosas donde la quema no estaba planificada, lo que genera un alto riesgo de propagación descontrolada.

El fuego se define como la liberación de energía en forma de luz y calor, resultado de la combustión de vegetación forestal cuya ignición no fue planificada. Este fenómeno, dependiendo de su origen, puede causar daños severos a combustibles naturales presentes en áreas boscosas o plantaciones forestales. Su impacto trasciende al ámbito ecológico, provocando alteraciones climáticas, pérdidas económicas y efectos negativos en la sociedad.

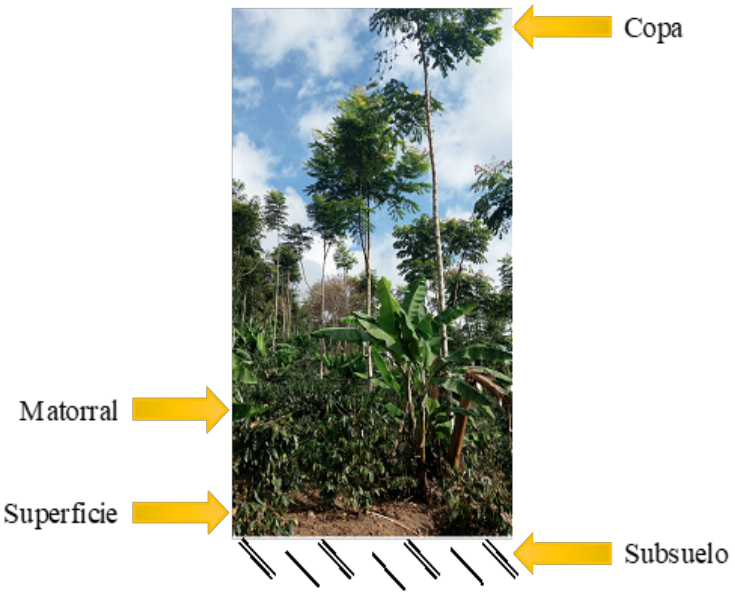
Los incendios forestales pueden clasificarse según su ubicación y tipo de propagación en las siguientes categorías: subsuelo, superficie, matorrales y copa. En la Figura 5 se ilustra un ejemplo característico de la Zona de Intag, parroquia Plaza Gutiérrez.

En esta figura, se observa la estructura del ecosistema forestal de la siguiente manera:

- Estrato superior: Compuesto por *Cedrela montana* (cedro de altura).
- Estrato medio: Dominado por *Coffea arabica* (café) y *Musa paradisiaca* (plátano).
- Estrato bajo: Constituido por plantas rastreras.
- Estrato subterráneo: Referente al subsuelo, donde se encuentran raíces y materia orgánica en descomposición susceptibles a incendios.

Esta representación gráfica evidencia cómo los diferentes estratos forestales pueden ser afectados por incendios, dependiendo de las condiciones ambientales y el tipo de combustibles presentes.

Figura 5.
Estratificación forestal afectada por incendios en la Zona de Intag, parroquia Plaza Gutiérrez



2.2.1 Incendios subterráneos o de subsuelo

Los incendios subterráneos ocurren bajo la superficie y afectan raíces entrecruzadas, raicillas y materia orgánica en descomposición. Este tipo de combustión, conocido como un proceso lento, puede dar lugar a la formación de carbón vegetal y se caracteriza por un desplazamiento pausado, generalmente siguiendo los incendios superficiales. En la Figura 6 se presenta un perfil del suelo realizado después de un incendio subterráneo.

Este tipo de incendio es considerado uno de los más peligrosos debido a los desafíos que representa para los equipos de control. Su dificultad radica en la posibilidad de que queden focos secundarios o puntos calientes, los cuales pueden reactivarse y causar nuevas deflagraciones en áreas diferentes al punto de origen. Estas características complican la ejecución de los planes de liquidación, prolongando los esfuerzos para extinguir completamente el incendio.

Por esta razón, en el contexto de la gestión de incendios forestales, el término "controlar el fuego" es preferido sobre "terminar el incendio", ya que siempre existe el riesgo de reactivaciones imprevistas. Este riesgo aumenta cuando factores atmosféricos, como el viento o la baja humedad, favorecen la reaparición de llamas en sitios previamente afectados.

Figura 6.
Perfil del suelo afectado por un incendio subterráneo y formación de puntos calientes

2.2.2 *Incendios superficiales de pastos o pajonales.*

El fuego de superficie se propaga de forma horizontal, siguiendo la dirección de la pendiente y dependiendo de la cobertura vegetal disponible. Este tipo de incendio ocurre a nivel del suelo, debajo de los árboles, quemando hierba, vegetación menor y residuos orgánicos. En la Figura 7, se observan ejemplos representativos de este tipo de incendio.

Los incendios de superficie son los más frecuentes debido a la facilidad con la que arden los combustibles ligeros o finos, tales como pasto, materia orgánica en descomposición, hojarasca, ramillas y acículas. Estos materiales, al estar expuestos en la capa superficial del suelo, son altamente inflamables y se convierten en el principal sustrato para la propagación del fuego.

En la Figura 7 (a) se muestra un área afectada con la especie *Espeletia pycnophylla,* mientras que en la Figura 7 (b) se ilustran los restos de un incendio en una plantación de *Eucalyptus globulus.*

Figura 7.
Ejemplos de incendios de superficie: Espeletia pycnophylla (a) y restos de Eucalyptus globulus (b)

2.2.3 *Incendio de matorrales arbustos o chaparros.*

Los incendios de matorrales se generan debido a la presencia de material combustible superficial y arbustivo, conocido como chaparro. Bajo condiciones ambientales favorables, como la acción del viento, el fuego sigue patrones de convección, lo que facilita su propagación y, en ocasiones, puede evolucionar hacia incendios de copas.

En la Figura 8 se presentan dos ejemplos de incendios recurrentes ocurridos en Yahuarcocha en diferentes fechas, a): Incendio registrado en el año 2023 y b): Incendio registrado en el año 2018.

Estos eventos reflejan la influencia de las condiciones ambientales en la propagación del fuego, así como la recurrencia de este tipo de incendios en la región y resaltan la importancia de entender cómo las características del combustible y las condiciones atmosféricas pueden escalar la magnitud de los incendios, afectando ecosistemas locales y poniendo en riesgo áreas boscosas.

Figura 8.
Incendios de matorrales recurrentes en Yahuarcocha: eventos de 2023 (a) y 2018 (b)

2.2.4 Incendios de copa.

Los incendios de copas se ven influenciados por factores topográficos, atmosféricos y ambientales, y a menudo siguen patrones de convección. En bosques naturales, la presencia de lianas puede facilitar el desarrollo del fuego hacia las copas, permitiendo su propagación vertical y aumentando su intensidad. Este comportamiento, sin embargo, es diferente en plantaciones forestales, donde las cadenas convectivas se originan en la estructura vegetal y la composición arbustiva, y se transmiten de árbol a árbol debido a la alta radiación térmica.

La radiación emitida por las copas durante estos incendios contribuye significativamente a la pérdida de contenido de humedad del material combustible, agravando la propagación del fuego. Este proceso puede causar daños severos al suelo, incluyendo pérdida de fertilidad, compactación y riesgo de erosión superficial. Además, los incendios de copas incrementan el arrastre hídrico superficial y la erosión eólica, lo que disminuye la capacidad productiva del suelo.

En la Figura 9, se observan ejemplos de incendios de copas: en San Pablo (a) y un incendio recurrente en Yahuarcocha en 2023 (b). Estos ejemplos ilustran los impactos ecológicos y estructurales que los incendios de copas pueden generar en ecosistemas forestales y plantaciones.

Figura 9.
Ejemplos de incendios de copas: San Pablo (a) y Yahuarcocha, 2023 (b)

2.3 Partes de un incendio forestal

En las dos láminas de la Figura 10, se detallan esquemáticamente las partes de un incendio forestal de manera comparativa. Estas imágenes, provenientes del Cuerpo de Bomberos de Ibarra (2018), ilustran los elementos clave de la dinámica del fuego.

Figura 10.
Partes de un incendio forestal

Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

- **El borde**

Es el perímetro del incendio y está influenciado por la dirección y velocidad del viento. Estos factores determinan cambios en la trayectoria del fuego y pueden generar nuevos incendios en áreas cercanas.

- **La cabeza (frente)**

Corresponde a la parte del borde donde el fuego avanza con mayor velocidad e intensidad. Este frente tiene la mayor carga de material combustible y, en consecuencia, produce mayor radiación y riesgo. Debido a su peligrosidad, no es recomendable realizar actividades de control desde esta zona, ya que las llamas pueden causar accidentes graves.

.

- **La cola**

Es la parte del borde donde el fuego avanza lentamente, ya que la carga de material combustible es mínima o inexistente. Por razones de seguridad, se sugiere iniciar las operaciones de control desde esta sección.

- **Los dedos**

Son extensiones estrechas del fuego que se proyectan desde el incendio principal. Estas proyecciones ocurren debido a la presencia de material combustible disponible y, en algunos casos, pueden convertirse en incendios principales.

- **Focos secundarios**

Son fuegos causados por pavesas (chispas) volantes o rodantes que se desarrollan fuera del perímetro del incendio principal. Bajo condiciones atmosféricas favorables, estos focos

secundarios pueden generar nuevos incendios, potencialmente más peligrosos que el original.

- **Bolsas**

Se ubican entre los dedos del incendio, donde el fuego avanza más lentamente debido a la baja disponibilidad de material combustible o a la presencia de humedad residual en el terreno.

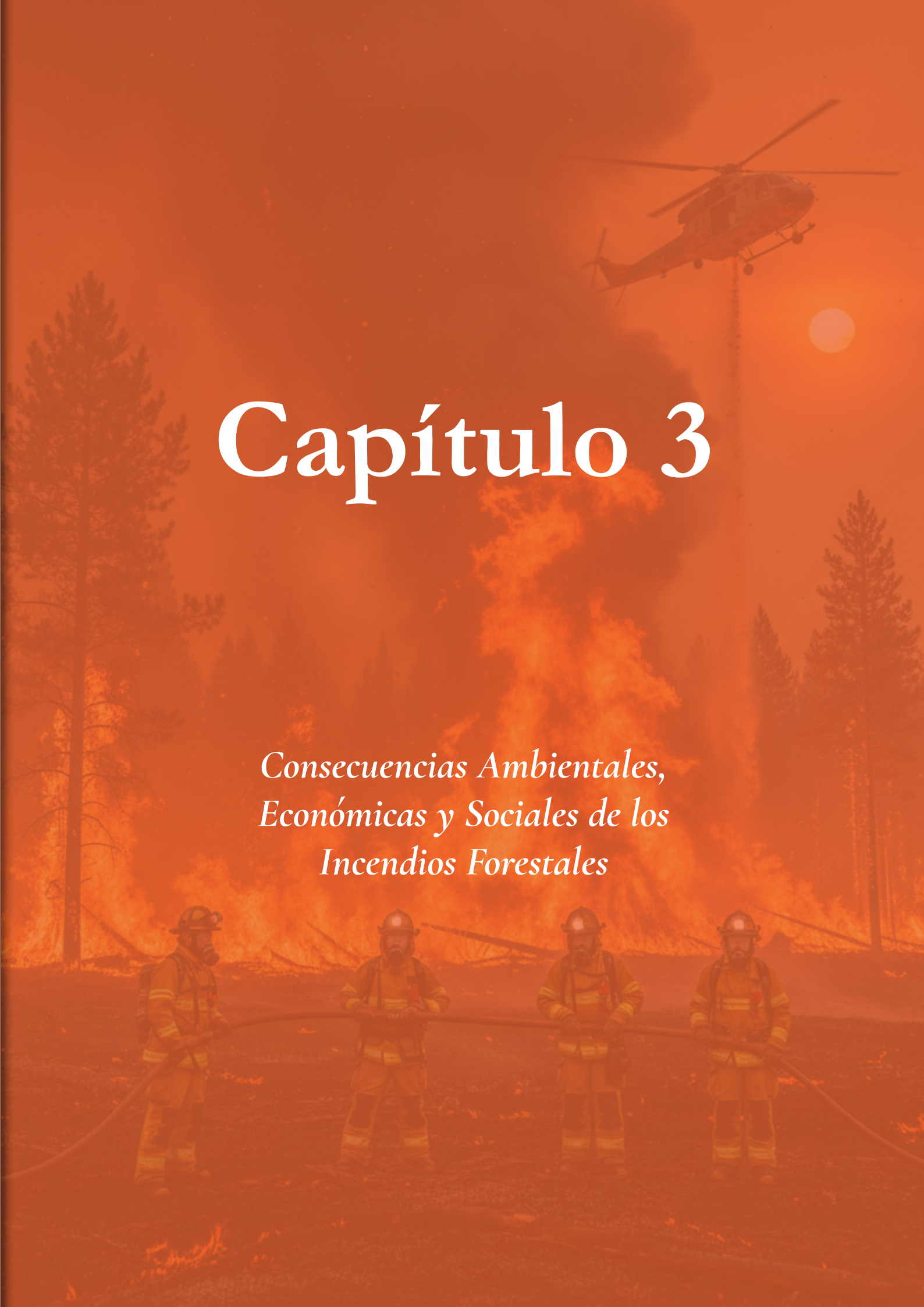
- **Flancos**

Son las zonas laterales del incendio, conocidas como flanco izquierdo y flanco derecho. Estos términos son utilizados por los equipos de control para planificar y ejecutar estrategias de mitigación.

- **Islas**

Son áreas de vegetación que no han sido afectadas por el fuego. Esto puede deberse a la irregularidad del terreno o a cambios en la dirección y velocidad del viento. En la Figura 11, se observan ejemplos de islas no quemadas en Yahuarcocha (a) y Otavalo (b), destacando cómo la proyección horizontal no uniforme del fuego puede dejar porciones de vegetación intacta.

Figura 11.
Islas no quemadas en incendios forestales: Yahuarcocha (a) y Otavalo (b)



Capítulo 3

Consecuencias Ambientales, Económicas y Sociales de los Incendios Forestales

3.1 Impacto Multidimensional de los Incendios Forestales

Los incendios forestales constituyen uno de los desastres ambientales más devastadores, con consecuencias que trascienden el ámbito ecológico para impactar también en las dimensiones económica, social y cultural. Estos eventos no solo alteran la dinámica natural de los ecosistemas, sino que también afectan la calidad de vida humana, intensifican problemas estructurales y agravan las inequidades socioeconómicas.

En el ámbito ambiental, los incendios forestales contribuyen a la emisión masiva de gases de efecto invernadero, como el CO_2, exacerbando el calentamiento global. Además, generan la pérdida de biodiversidad debido a la destrucción de hábitats críticos y la alteración de los ciclos hídricos por la degradación del suelo. Estos impactos se traducen en una disminución significativa de la capacidad productiva de las tierras, afectando tanto a la agricultura como a la silvicultura.

En el plano económico, las consecuencias incluyen pérdidas directas por la destrucción de activos forestales, agrícolas y turísticos, así como costos indirectos relacionados con la mitigación y restauración posterior a los incendios. Estas repercusiones se agravan en comunidades vulnerables que dependen de los recursos naturales para su subsistencia.

Desde una perspectiva social y cultural, los incendios no solo alteran el paisaje y las tradiciones vinculadas al uso del fuego, sino que también generan desplazamientos y conflictos debido a la pérdida de recursos esenciales. La percepción comunitaria sobre la utilización del fuego, aunque enraizada en prácticas ancestrales, ha demostrado ser contraproducente en contextos actuales de cambio climático.

En este contexto, los principales consecuencias identificadas por los autores como resultado de los incendios forestales, destacando los efectos más significativos en términos de impacto y relevancia.

- **Consecuencias Ambientales**
  - Emisión masiva de gases de efecto invernadero, como CO_2, intensificando el cambio climático.
  - Reducción significativa de la capacidad productiva del suelo en el mediano y largo plazo.
  - Pérdida de biodiversidad por la destrucción de hábitats clave.
  - Falta de conservación y manejo sostenible de cuencas hidrográficas, agravada por la ausencia de acuerdos políticos eficaces.
  - Contaminación ambiental que afecta la calidad del aire y la salud de las personas.
  - Destrucción de ojos de agua y disminución de la calidad del oxígeno en ecosistemas acuáticos.
  - Incremento en el calentamiento global debido a la liberación de carbono almacenado en la vegetación y el suelo.

- **Consecuencias Económicas:**
  - Pérdida de activos y recursos forestales valiosos.
  - Impacto negativo en el turismo debido al deterioro del paisaje natural.
  - Costos elevados asociados a la restauración de áreas afectadas y a la prevención futura.

- **Consecuencias Sociales:**
  - Desplazamiento de comunidades dependientes de los recursos naturales.
  - Aumento de la vulnerabilidad de poblaciones rurales debido a la pérdida de fuentes de sustento.

- **Consecuencias Culturales:**
  - Alteración de paisajes con valor simbólico o espiritual para comunidades locales.
  - Pérdida de prácticas tradicionales relacionadas con el manejo sostenible de los recursos.
  - Reducción de la conexión cultural con el entorno natural.

- Alteraciones Generales:
  - Degradación visual y funcional del entorno.
  - Multiplicación de riesgos para la seguridad alimentaria y la calidad de vida.

Los incendios forestales son el resultado de una interacción compleja entre factores naturales y actividades humanas. Aunque muchas veces se los asocia con causas naturales, en la mayoría de los casos, son las acciones humanas las principales responsables de su inicio y propagación. Estas acciones están influenciadas por prácticas culturales, económicas y agrícolas que, sin la implementación de controles adecuados, desencadenan efectos perjudiciales tanto a corto como a largo plazo. La Tabla 3 presenta un análisis detallado de las causas más comunes de los incendios forestales y sus respectivas consecuencias.

Tabla 3.
Prácticas de uso del fuego y efectos derivados

Prácticas relacionadas con el fuego	Efectos sobre los ecosistemas
El uso del fuego en la agricultura Culturalmente, el fuego desde la antigüedad se ha usado como herramienta económica para eliminar malezas, residuos de cultivos y para dar cambio de uso del suelo.	**Contribuye al proceso de erosión acelerado** El suelo queda al desprovisto de cobertura boscosa y vegetal lo que facilita el proceso de erosión por arrastre hídrico superficial.
Para ampliar la frontera agrícola o dedicarlo a sistemas agroforestales Talar el bosque y quemar, (sistema taungya) disminuye una gran cantidad de rebrotes y favorece la actividad de limpieza.	**Disminuye la cobertura vegetal** La quema de material vegetal contribuye en gran medida a incrementar el CO_2 a la atmósfera, favoreciendo el desarrollo del cambio climático.
Terrenos que ya fueron cultivados Cuando el suelo se vuelve improductivo, se procede a dejarlo en barbecho (forestal) o rastrojo (agricultura).	**La vegetación que se regenera es más rústica** La vegetación es más débil ante nuevos incendios y la recuperación se puede demorar muchos años hasta conseguir la regeneración del bosque.
Potreros y pastizales. En alguna medida los ganaderos realizan quemas prescritas para mejorar y renovar los pastizales	**Disminuye la capacidad de retención de humedad** La quema puede afectar el suelo, por tanto la provisión de forraje será cada vez menor, pero hasta la actualidad no existe cultura de manejo de pastizales por quemas prescritas
Quema de pajonales con fines de pastoreo Esta es una mala costumbre de quemar el pajonal para que rebrote el pasto tierno con fines ganaderos.	**Deterioro progresivo de la vegetación** La quema de especies no solo resecan el suelo, sino quedan expuestas a un mayor pisoteo, el rebrote cada vez será más ralo, el suelo se compacta y se pierde la capacidad productiva.
Quema de residuos agrícolas o rastrojo Quema controlada como parte en la preparación del terreno, con fines de cambio de uso, puede generar materia orgánica in situ.	**Pérdida de materia orgánica** El suelo queda descubierto y pierde materia orgánica descompuesta o en proceso de descomposición, puede dar lugar a erosión eólica y si hay presencia de lluvias a la erosión hídrica superficial
Asociado a la población de menos recursos El fuego es una herramienta de trabajo barata, que seguirá siendo utilizada, mientras no haya alternativas que permitan mejorar las condiciones de vida.	**El uso incontrolado se vuelve contraproducente** El no haber incorporado técnicas como quemas controladas, cortafuegos de prevención y técnicas de control, provoca que el fuego se presente en forma irregular y destructiva, agotando el suelo y la vida silvestre, particularmente cuando no se planifican y ejecutan adecuadamente las plantaciones forestales
Quema asociada a la falta de lluvias Culturalmente, la creencia de la comunidad de quemar la vegetación para atraer las lluvias , no es cierta, es una acción asociada a los principios de su cosmovisión, propia de los agricultores.	**Lluvia provocada** El fuego no solo provoca emisión de CO_2, también libera humedad lo cual a bajas temperaturas y en unión con partículas de humo puede favorecer la condensación y producir la precipitación y con ello arrastre hídrico

3.2 Impacto en la salud y la sociedad

La OMS (1999) destaca que los incendios forestales representan una fuente significativa de contaminación ambiental, con impactos adversos directos sobre la salud de las comunidades que habitan en áreas cercanas al fuego o dentro de la zona de influencia del humo. Estos impactos, ampliamente documentados, comprenden una variedad de afecciones agudas y crónicas que afectan especialmente a poblaciones vulnerables. Entre los principales efectos identificados se encuentran:

- Quemaduras y lesiones físicas: Las personas expuestas a las llamas, especialmente trabajadores forestales y miembros de comunidades cercanas, enfrentan un alto riesgo de sufrir quemaduras graves y lesiones relacionadas con el calor extremo y la radiación térmica. Estas lesiones pueden resultar fatales o generar secuelas permanentes.

- Exposición al humo y aumento de la mortalidad diaria: La inhalación de partículas finas y gases tóxicos emitidos durante los incendios incrementa significativamente las tasas de mortalidad diaria, particularmente entre personas con afecciones respiratorias preexistentes, como asma o enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

- Incremento en enfermedades respiratorias: La exposición prolongada al humo se asocia con una mayor incidencia de infecciones respiratorias agudas, como bronquitis y neumonía. Estas condiciones afectan especialmente a niños menores de un año, cuya vulnerabilidad fisiológica agrava los efectos del material particulado y los compuestos químicos presentes en el aire contaminado.

- Hospitalizaciones por causas cardiopulmonares: Los eventos de contaminación por humo de incendios forestales están correlacionados con un aumento en las hospitalizaciones por enfermedades cardiovasculares, incluidas arritmias, ataques cardíacos y exacerbación de enfermedades cardíacas crónicas. Este efecto es particularmente evidente en adultos mayores y pacientes con factores de riesgo previos.

- Riesgo de cáncer por exposición crónica: La inhalación repetida de contaminantes emitidos durante los incendios, como compuestos orgánicos volátiles, benceno y dioxinas, incrementa el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón y otros tipos de cáncer asociados con la exposición prolongada a agentes carcinógenos.

Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar estrategias de mitigación y prevención tanto para minimizar la incidencia de incendios forestales como para proteger la salud pública en comunidades susceptibles. Además, resaltan la importancia de sistemas de monitoreo y alerta temprana que permitan identificar y mitigar los riesgos asociados a la contaminación del aire en episodios críticos.

3.3 Impacto sobre el suelo

La pérdida de calidad y diversidad de especies en estas áreas no solo incrementa su vulnerabilidad ante futuros incendios, sino que también perpetúa un ciclo de degradación ambiental continuo, dificultando la recuperación natural del ecosistema y exacerbando los impactos a largo plazo.

Figura 12.
Efectos de Incendios Provocados en a) González Suárez y b)Yahuarcocha, 2023

Adicionalmente, se registra el impacto del incendio en el cerro Iguán, ubicado en la parroquia San Isidro del cantón Espejo, provincia del Carchi, a una altitud de 2900 m.s.n.m. La Figura 13 ilustra una comparación entre dos áreas afectadas de manera diferenciada: en el lado derecho se observa el área incendiada, caracterizada por una alta intensidad calórica que resultó en un elevado coeficiente de marchitez y la muerte regresiva de la vegetación; mientras que en el lado izquierdo se aprecia el área no incendiada, donde la cobertura boscosa conserva su capacidad para retener la humedad del suelo y mantener la estabilidad del ecosistema.

Figura 13.
Comparación de Área Incendiada y No Incendiada en el Cerro Iguán

La Figura 14 muestra el efecto de un incendio de proyección horizontal uniforme, donde el suelo ha sido completamente devastado. Las imágenes evidencian la severa pérdida de cobertura boscosa y la drástica disminución de la fertilidad del suelo, destacando la magnitud del daño ambiental provocado por este tipo de eventos.

Figura 14.
Efectos de un incendio de proyección horizontal uniforme en la cobertura boscosa y el suelo.

3.4 Impacto en la capacidad de retención de agua

En la Figura 15, se observa una parte del bosque afectado por el incendio en contraste con otra sección que no fue alcanzada por el fuego. Esta comparación permite analizar las influencias directas sobre el suelo y la cobertura vegetal tras el evento.

Figura 15.
Contraste de bosque afectado y no afectado por un incendio forestal

Las Figuras 16, 17 y 18 presentan evidencias de los efectos posteriores causados por los incendios forestales, observadas durante actividades de campo y análisis de perfiles de suelo. En estas imágenes se destacan los siguientes hallazgos: restos de material vegetal quemado por la ignición, como raíces y restos de *Pinus radiata* (Figura 16); raíces quemadas encontradas en el subsuelo (Figura 17); y una raíz calcinada, visible a un rango de profundidad de 0 a 90 cm en el perfil del suelo (Figura 18).

Figura 16.
Restos vegetales quemados tras un incendio forestal

Figura 17.
Raíces quemadas observadas en el subsuelo

Figura 18.
Evidencia de una raíz calcinada en un perfil de suelo (0-90 cm de profundidad).

3.5 Impacto en flora y fauna

Según la OMS (1999), la capacidad de las especies para recuperarse tras un incendio depende de las respuestas individuales de cada una. La regeneración de la cobertura vegetal, por tanto, se basa en las poblaciones que logran sobrevivir al evento y tienen la capacidad de regenerarse y prosperar nuevamente (p. 13).

Los incendios forestales causan efectos significativos en los recursos florísticos y faunísticos, generando impactos ambientales negativos que incluyen:

Erosión genética: Disminución de la variabilidad genética en poblaciones de plantas y animales, lo que limita su adaptabilidad a futuros cambios ambientales.

- Pérdida de la diversidad de especies nativas: Destrucción de hábitats esenciales que compromete la supervivencia de especies locales, muchas de las cuales son endémicas.
- Mayor vulnerabilidad de los animales a enfermedades: La pérdida de hábitats y el

estrés derivado del incendio incrementan la exposición de la fauna a patógenos y condiciones adversas.

- Eliminación de la microfauna del suelo: Los incendios destruyen organismos esenciales para el reciclaje de nutrientes y el mantenimiento de la fertilidad del suelo, afectando gravemente los ecosistemas subterráneos.
- Alteración del microclima: Cambios locales en la temperatura, humedad y circulación de aire, que repercuten negativamente en las condiciones necesarias para la regeneración del ecosistema.

Estos impactos subrayan la importancia de implementar estrategias de conservación y restauración que prioricen la protección de la biodiversidad y la recuperación sostenible de los ecosistemas afectados.

3.6 Impacto en el clima

La destrucción de la cobertura boscosa en los ecosistemas de bosque andino, incluyendo la quema de especies emblemáticas como *Espeletia pycnophylla* y *Baccharis latifolia*, genera transformaciones significativas en el microclima, como se observa en la Figura 19. Los bosques desempeñan un papel crucial en la regulación térmica al disminuir las temperaturas máximas y elevar las mínimas. Entre los efectos más relevantes de su destrucción se destacan:

- Alteraciones en los patrones climáticos locales y globales.
- Incremento en el calentamiento global.
- Elevación de los niveles de agua en los océanos debido al derretimiento de glaciares y pérdida de regulación hídrica.
- Impactos negativos en la vida de todos los seres vivos, al alterar sus hábitats y recursos esenciales.

Figura 19.
Impacto de un Incendio en el Páramo del Cerro Iguán, Provincia del Carchi

A pesar de que especies como *Espeletia pycnophylla* (frailejón) y *Opuntia sulphurea* (penca) han desarrollado adaptaciones para resistir incendios recurrentes y recuperarse en el corto plazo, esto no justifica el uso indiscriminado del fuego por actividades antropogénicas. Es imperativo fomentar la conciencia social sobre la importancia de proteger los ecosistemas del páramo andino y su valiosa biodiversidad, evitando la perpetuación de estos flagelos.

3.7 Impacto en ecosistemas acuáticos

La Figura 20 ilustra el efecto del escurrimiento superficial en zonas de pendiente, donde la disminución de la cobertura forestal expone el suelo a procesos erosivos severos. Este fenómeno, observable en las localidades de a) Lago San Pablo, Ecuador, y b) y c) Guatapé, Colombia en 2023, provoca el desplazamiento de sedimentos desde las partes altas de la cuenca hacia los ríos, generando una serie de impactos negativos:

- Incremento en el caudal de los ríos debido al transporte de agua y sedimentos.
- Erosión acelerada de las orillas, debilitando las estructuras naturales de contención.
- Pérdida de plantas ribereñas, fundamentales para estabilizar el suelo y mantener la biodiversidad.
- Contaminación de las cuencas fluviales por sedimentos y residuos arrastrados.
- Incremento en la sedimentación, lo que afecta la calidad del hábitat acuático y amenaza la vida de las especies que dependen de estos ecosistemas.

Estos procesos resaltan la importancia de conservar la cobertura forestal en zonas de pendiente para mitigar los impactos erosivos y proteger la integridad de los sistemas fluviales.

Figura 20.

Erosión y Escurrimiento Superficial en Áreas de Pendiente: a) San Pablo, Ecuador; b) y c) Guatapé, Colombia en 2023

3.8 Impacto económico

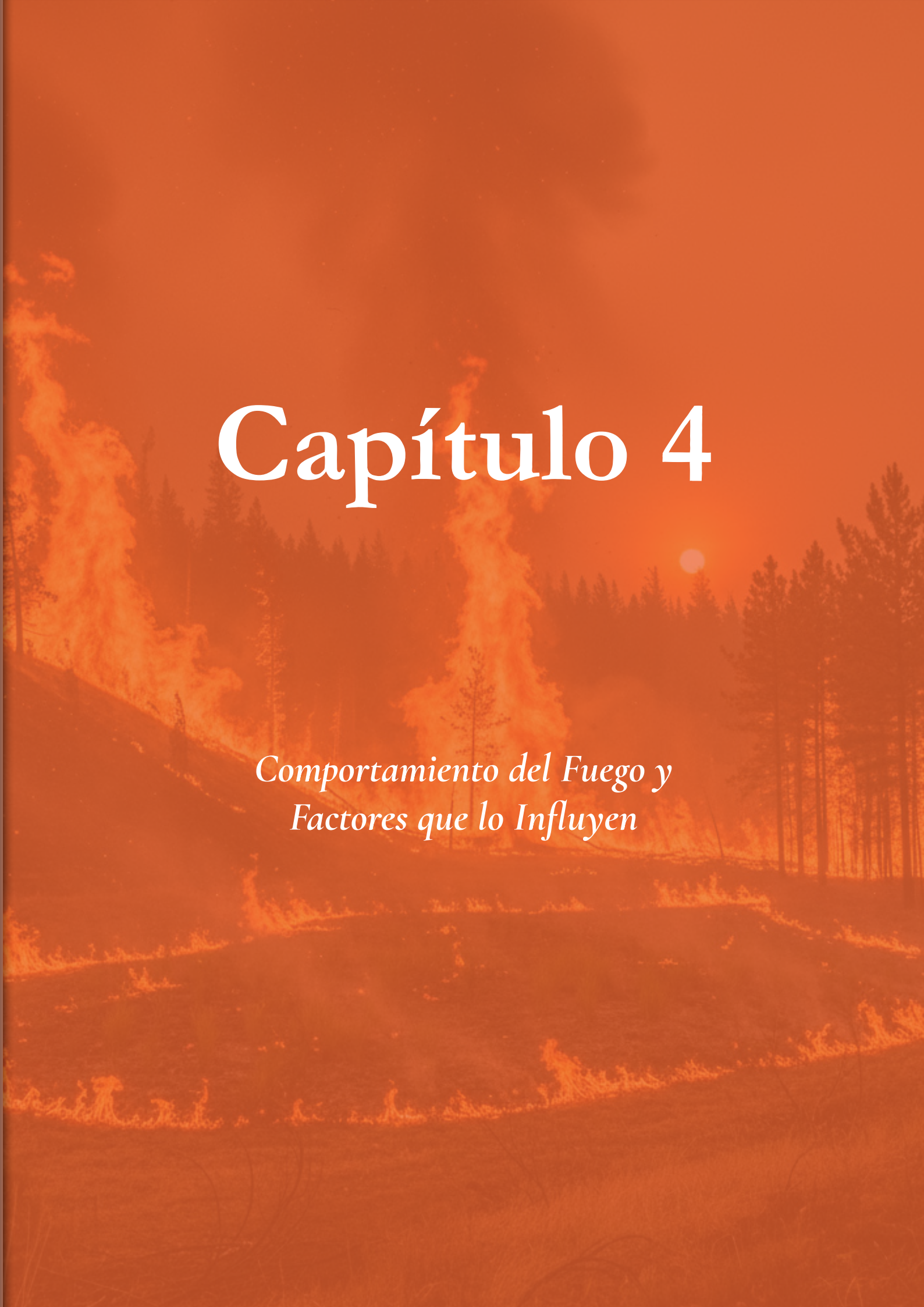
La OMS (1999), advierte que la pérdida del valor económico de los bosques y sus productos tiene un impacto significativo en las comunidades rurales, obligándolas a emigrar hacia las grandes ciudades. Este fenómeno contribuye a la formación de cinturones de pobreza y a la intensificación de problemas socioeconómicos en los entornos urbanos. Además, señalan que esta transformación genera cambios drásticos en el paisaje, donde la pérdida de la cobertura forestal no solo altera la estética del entorno, sino que también favorece la continuidad de materiales combustibles que incrementan el riesgo de incendios.

En respuesta a estos desafíos, la sociedad ha mostrado un interés creciente en la conservación de la naturaleza, buscando garantizar el acceso sostenible a servicios ambientales y recreativos que los bosques ofrecen. Actualmente, los bosques tienen un valor multifacético, tanto tangible como intangible, que abarca dimensiones culturales, científicas y económicas. Este valor promueve una variedad de actividades, entre las que destacan:

Turismo: Atracción de visitantes para disfrutar del entorno natural y la biodiversidad.

- Agricultura: Uso sostenible de los suelos forestales para cultivos compatibles.
- Ganadería: Sistemas de producción que integran bosques y pastizales.
- Comercio: Generación de ingresos mediante la venta de productos maderables y no maderables.
- Agroforestería: Combinación de cultivos y árboles en sistemas integrados que favorecen la sostenibilidad.
- Servicios ambientales: Regulación hídrica, captura de carbono y conservación de la biodiversidad.

Estos enfoques subrayan la importancia de preservar los bosques no solo como recursos económicos, sino también como pilares esenciales para el bienestar social y ecológico.



Capítulo 4

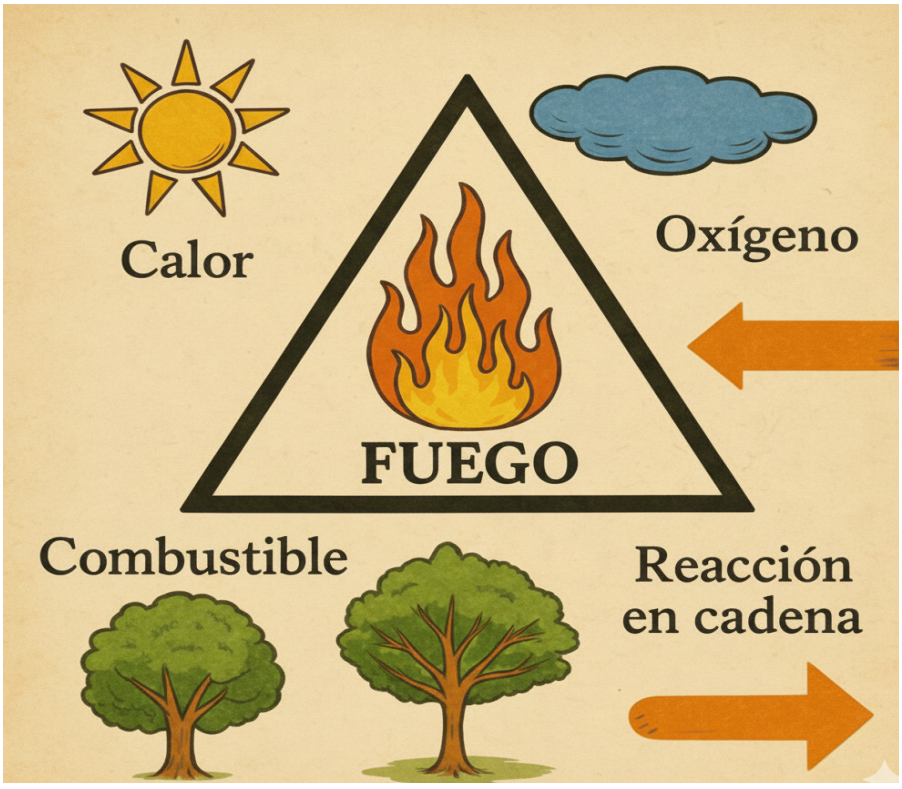
Comportamiento del Fuego y
Factores que lo Influyen

4.1 El triángulo del fuego

El Triángulo del Fuego describe la interacción inseparable de tres elementos esenciales: oxígeno, calor y material combustible. Si cualquiera de estos componentes falta, el fuego no puede iniciarse ni mantenerse. Sin embargo, más allá de esta representación básica, se debe considerar el Triángulo del Fuego, que incorpora un cuarto elemento: la reacción en cadena. Este modelo más avanzado explica cómo los incendios se sostienen y propagan a través de la combustión continua de gases no quemados, como se ilustra en la Figura 21. A continuación, se describen los componentes en detalle:

- Oxígeno: Gas químico presente en la atmósfera que facilita y mantiene la combustión. Sin oxígeno, el fuego se extingue rápidamente.
- Calor: Energía transferida entre dos cuerpos con diferentes temperaturas. Cuando se alcanza el punto de ignición, el calor inicia el fuego y lo mantiene al activar el material combustible.
- Combustible: Cualquier material o sustancia que puede arder en presencia de oxígeno u otros oxidantes, como madera, hojas secas o combustibles fósiles.
- Combustible forestal: Materiales vivos o muertos presentes en el bosque, como ramas, hojas, arbustos o árboles, que sirven como fuente primaria para la propagación del fuego.
- Reacción en cadena: Proceso de combustión continua de los gases no quemados que alimentan el incendio, permitiendo que el fuego persista y se expanda.

Figura 21.
Triángulo del fuego: elementos esenciales y reacción en cadena



Fuente: Generada por IA (OpenAI, 2025)

Este modelo, representado en el triángulo del fuego, proporciona un enfoque más completo para entender la dinámica de los incendios forestales, destacando los factores clave que deben ser controlados para su prevención y combate.

4.2 Importancia del estudio del comportamiento del fuego

El conocimiento sobre el comportamiento del fuego es esencial para la prevención, control y manejo de incendios forestales. Basado en el concepto del triángulo del fuego (Figura 21), se reconoce que el combustible, compuesto principalmente por materiales vegetales vivos o muertos, es un factor clave sobre el que se puede intervenir. Este combustible, que puede variar en su naturaleza (fino, ligero, grueso o pesado), es responsable de la denominada "reacción en cadena" durante la combustión. Es fundamental distinguir entre combustible forestal, estructural e industrial, ya que los materiales vegetales presentan dinámicas particulares de ignición en función de factores ambientales como la topografía y las condiciones meteorológicas.

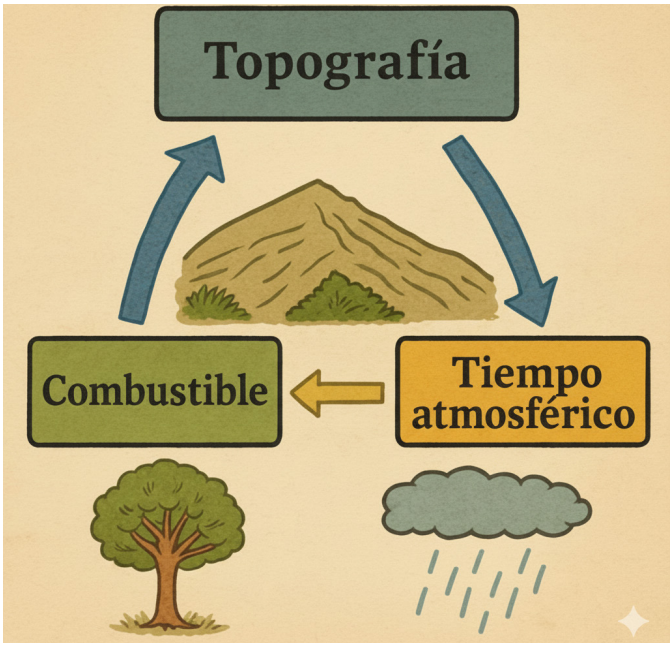
Este concepto es crucial para desarrollar y aplicar planes de control de incendios forestales y para el uso del fuego prescrito en el manejo forestal. Según Juilio & Giroz (1975), el comportamiento del fuego se define como la reacción del fuego a las variables del entorno, que incluyen combustibles, topografía y condiciones meteorológicas. Este comportamiento puede evaluarse mediante indicadores como la velocidad de propagación, la altura de las llamas y la intensidad radioactiva, entre otros. A continuación se detallan estos elementos:

- **Dirección de Avance:** la dirección en que progresa la cabeza del fuego depende de factores ambientales y atmosféricos, como el viento y la pendiente, y determina la velocidad del avance del incendio.
- **Velocidad de Reacción:** refleja la rapidez con que se consume el combustible bajo condiciones específicas del terreno y el ambiente. Este parámetro también puede compararse con el tiempo de respuesta necesario para mitigar los daños causados por el incendio.
- Velocidad Efectiva del Viento: el viento que se desplaza a través de pendientes juega un papel crucial en la velocidad de avance del fuego, ya que incrementa su propagación.
- **Velocidad de Propagación:** describe la rapidez con que el frente de llamas avanza a través del terreno. Este indicador puede referirse a diferentes sectores del borde del incendio y se utiliza para estimar la expansión de la superficie afectada, dependiendo de las condiciones atmosféricas.
- **Velocidad de Expansión del Incendio:** se refiere al incremento del perímetro del incendio. Este parámetro es fundamental para calcular el número de recursos humanos necesarios para su control, además de estimar la superficie quemada y las pérdidas asociadas.
- **Propagación a Través del Viento:** este tipo de propagación ocurre cuando chispas o pavesas transportadas por el viento generan focos secundarios fuera de la zona principal del fuego. Este comportamiento agrava la expansión del incendio y dificulta su contención.

4.3 Factores que influyen en el comportamiento de los incendios forestales.

La Figura 22 ilustra los principales factores que influyen en el comportamiento de los incendios forestales. Estos factores interactúan de manera dinámica para determinar la intensidad, velocidad de propagación y extensión del fuego, convirtiéndose en elementos clave para comprender y gestionar estos eventos de manera efectiva.

Figura 22.
Factores determinantes en el comportamiento de los incendios forestales



Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

4.3.1 Factores atmosféricos

El estado de la atmósfera, definido por los elementos meteorológicos en un momento determinado, desempeña un papel crucial en la dinámica de los incendios forestales. El tiempo atmosférico permite:

- Evaluar el grado de peligro asociado a las condiciones ambientales.
- Diseñar y establecer planes de prevención adecuados.
- Tomar decisiones fundamentadas para facilitar el control y la extinción de incendios declarados.
- Pronosticar el comportamiento probable del incendio forestal, anticipando sus efectos y evolución.

La Temperatura

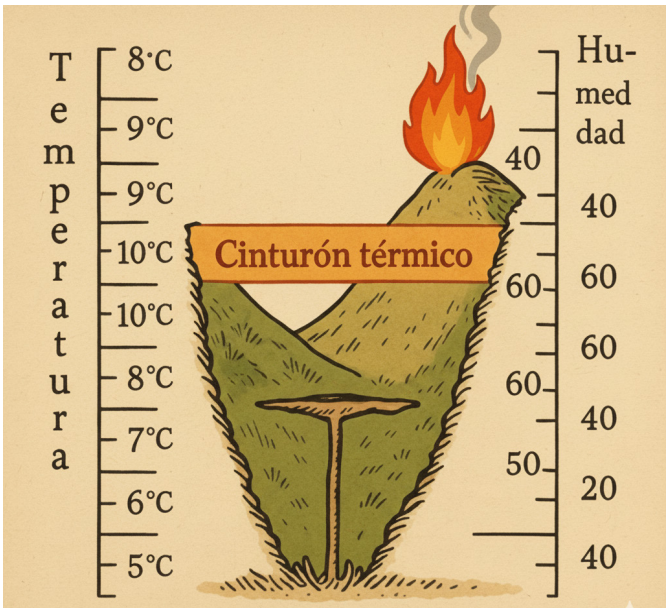
La temperatura es un factor determinante para el comportamiento de los materiales combustibles en incendios forestales. Los materiales presentan cuatro niveles de temperatura críticos que definen su reacción al calor:

- **Punto de Vaporización:** Es la temperatura mínima en la cual un combustible emite suficientes vapores que, en presencia de aire u otro comburente, se inflaman al entrar en contacto con una fuente de ignición. Sin embargo, si se retira la fuente, el fuego se apaga.
- **Punto de Inflamación:** corresponde a la temperatura mínima en la que el combustible genera suficientes vapores para iniciar la combustión, pero a diferencia del punto de vaporización, el fuego continúa ardiendo sin necesidad de mantener la fuente de ignición.

Punto de Auto-Inflamación: es la temperatura mínima a la cual un combustible emite vapores capaces de iniciar la combustión espontáneamente, sin necesidad de una fuente externa de ignición.

- **Inversión Térmica:** se refiere al fenómeno en el cual la temperatura del aire aumenta con la altitud, formando una capa de aire caliente y estática entre dos masas de aire frío. Este fenómeno ocurre con frecuencia en altitudes superiores a los 2000 m.s.n.m., como en la región del océano Pacífico en América Central entre marzo y mayo. Durante este período, los vientos alisios provocan inversiones térmicas que impiden el desarrollo vertical de nubes de tormenta, reduciendo las lluvias. La banda de aire más caliente, conocida como el "Cinturón Térmico", se sitúa generalmente a los 2/3 del fondo de la cuenca. En estas áreas, los incendios forestales son altamente peligrosos y se consideran explosivos debido a las condiciones atmosféricas. Este fenómeno se ilustra en la Figura 23.

Figura 23.
Inversión térmica y su impacto en la dinámica de incendios forestales



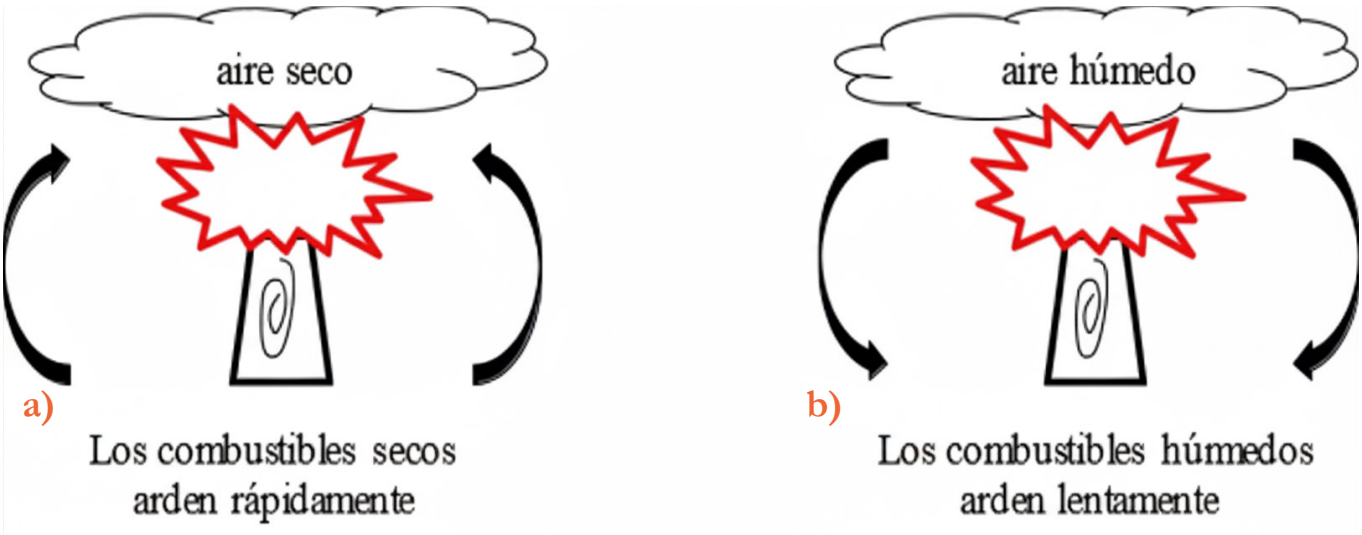
Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

La Humedad relativa

La humedad relativa se refiere al porcentaje de vapor de agua contenido en el aire a una temperatura y presión determinadas. Este vapor de agua desempeña un papel esencial en la transferencia de calor, ya que el agua requiere un aporte energético para cambiar de estado (sólido a líquido o líquido a gaseoso) y libera esa misma energía cuando el proceso se invierte. Por definición, la humedad relativa es la relación entre la cantidad real de vapor de agua presente en un volumen de aire y la cantidad máxima que podría contener si estuviera saturado a la misma temperatura.

Los vegetales leñosos tienden a buscar un equilibrio higroscópico con el medio ambiente, lo que significa que ajustan su contenido de humedad en función de las condiciones atmosféricas. Este contenido de humedad influye directamente en su resistencia a arder: a menor humedad relativa, el secado de los materiales es más rápido, lo que aumenta la probabilidad de ignición y la propagación del fuego. Por el contrario, a mayor humedad relativa, el tiempo de secado se prolonga, reduciendo las posibilidades de ignición y la ocurrencia de focos secundarios, como se ilustra en la Figura 24 (a y b).

Figura 24.
Relación entre humedad relativa, secado de materiales y probabilidad de ignición



La Precipitación

Los incendios forestales representan una de las principales causas de degradación ambiental y la dinámica de las precipitaciones desempeña un papel fundamental en su ocurrencia y propagación. Según Losada Moncada (2015), los registros de precipitaciones a nivel mundial en los últimos años evidencian una tendencia hacia la disminución de las lluvias totales y un incremento de eventos de lluvias cortos pero de alta intensidad. Este cambio en los patrones de precipitación influye directamente en el comportamiento de los combustibles forestales.

Los combustibles finos y ligeros, como hojas secas y ramillas, responden rápidamente a los cambios de humedad, ganando o perdiéndola en poco tiempo. En contraste, los combustibles gruesos o pesados, como troncos y ramas grandes, intercambian humedad de forma mucho más lenta, lo que prolonga su proceso de secado o hidratación.

Al considerar la relación entre precipitaciones y ocurrencia de incendios forestales, se destacan los siguientes aspectos:

- Durante las épocas lluviosas, la incidencia de incendios es mínima, ya que las condiciones atmosféricas invernales protegen los bosques al reducir la exposición a la radiación solar.
- Las lluvias y la humedad atmosférica cumplen un papel crítico al enfriar e hidratar los combustibles, manteniendo una temperatura baja y estable que reduce significativamente el riesgo de ignición.

Viento

El viento es uno de los factores más críticos en la incidencia y propagación de incendios forestales, especialmente durante los meses de menor precipitación, altas temperaturas y corrientes de aire intensas. La corriente de aire generada por causas naturales presenta dos características fundamentales:

- Dirección: determina el punto del horizonte desde donde proviene el viento, influenciando directamente la dirección del avance del fuego.
- Velocidad: se mide en unidades como kilómetros por hora (km/h) o millas por hora, dependiendo de la ubicación del observador, y determina la intensidad del impacto sobre los

combustibles y la propagación del fuego.

El viento genera múltiples efectos en el comportamiento de los incendios forestales, entre los que destacan:

- Incremento en el suministro de oxígeno al frente de fuego, intensificando la combustión.
- Influencia directa en la dirección de avance del incendio.
- Eliminación de la humedad de los combustibles, haciéndolos más propensos a arder.
- Transporte de pavesas que generan focos secundarios de fuego.
- Aceleración en la velocidad de propagación del incendio, aumentando su peligrosidad.

Tipos de vientos

a) Vientos Locales

El comportamiento de los vientos locales depende de la interacción de masas de aire con diferente temperatura y humedad, así como de la influencia de la topografía y la nubosidad presente en la región (Correa et al., 2009).

b) Vientos de ladera o de valle:

Este tipo de viento presenta patrones de flujo específicos según la hora del día y la interacción con las características del terreno (Correa et al., 2009):

- **Descendentes:**
  - Duración: Generalmente ocurren entre las 6:00 p.m. y las 5:00 a.m.
  - Velocidad: Varía entre 1 y 10 km/h.
  - Características: Flujo laminar, sin turbulencia significativa, lo que disminuye su impacto en la propagación del incendio.
- **Ascendentes:**
  - Duración: Se producen entre las 8:00 a.m. y las 6:00 p.m.
  - Velocidad: Oscila entre 6 y 13 km/h, con una mayor intensidad en las cumbres.
  - Características: En terrenos cuesta arriba, los vientos generan turbulencia, lo que facilita la propagación del fuego hacia zonas más altas.

c) Vientos catabáticos:

Según el programa de operaciones de prevención y control de incendios forestales (USAID/OFDA, 2006), los vientos catabáticos son corrientes de aire muy cálidas y de alta intensidad que descienden desde zonas altas hacia regiones más bajas. Su velocidad y características descendentes sobre la vegetación los convierten en un factor crítico en la propagación de incendios forestales, ya que pueden hacerlos incontrolables. La dirección del viento se divide en dos zonas clave:

- Barlovento: Zona desde donde el viento sopla.
- Sotavento: Zona hacia donde el viento se dirige.

Estos vientos pueden alcanzar velocidades de hasta 145 km/h, calificándolos como huracanados, y pueden presentar una humedad relativa tan baja como el 3%, condiciones extremadamente favorables para la intensificación de incendios forestales.

d) Vientos Anabáticos

En contraste, los vientos anabáticos son corrientes de aire frías y de baja intensidad que fluyen desde regiones bajas hacia zonas más altas. Estos vientos tienen una incidencia limitada en el desarrollo y propagación de incendios forestales debido a su menor intensidad y capacidad de transporte de calor.

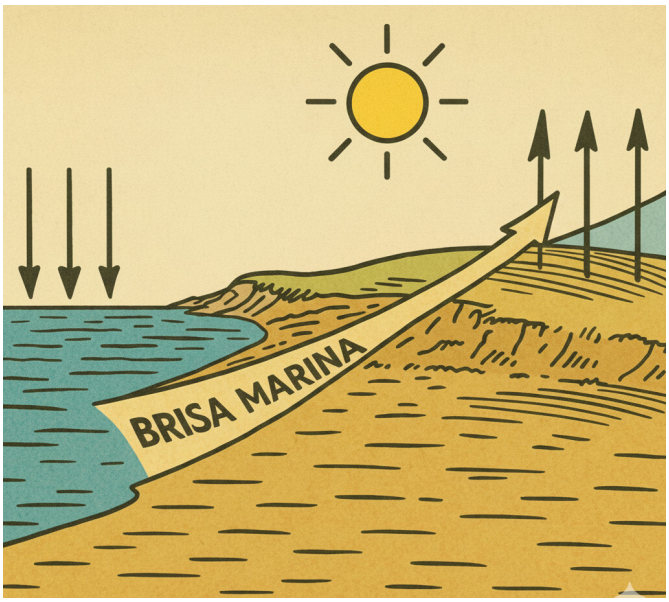
e) Brisas Marinas

Como se muestra en la Figura 25, las brisas marinas son vientos frescos y húmedos que se producen en áreas costeras, con un patrón característico:

- Suelen iniciarse a media mañana y disminuir al caer la tarde, aproximadamente entre las 12:00 h y las 18:00 h.
- Presentan velocidades de entre 5 y 10 km/h.
- Alcanzan su máxima intensidad entre las 14:00 h y las 15:00 h.
- En costas muy planas, estas brisas pueden penetrar hasta 50 km tierra adentro, proporcionando un efecto refrescante y aumentando la humedad ambiental.

Aunque las brisas marinas pueden reducir las temperaturas y aportar humedad al aire, su efecto en la propagación de incendios depende de la interacción con otros factores, como la cantidad y disposición de combustibles en la zona costera.

Figura 25.
Dinámica de las brisas marinas y su influencia en áreas costeras.



Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

f) Brisa terrestre

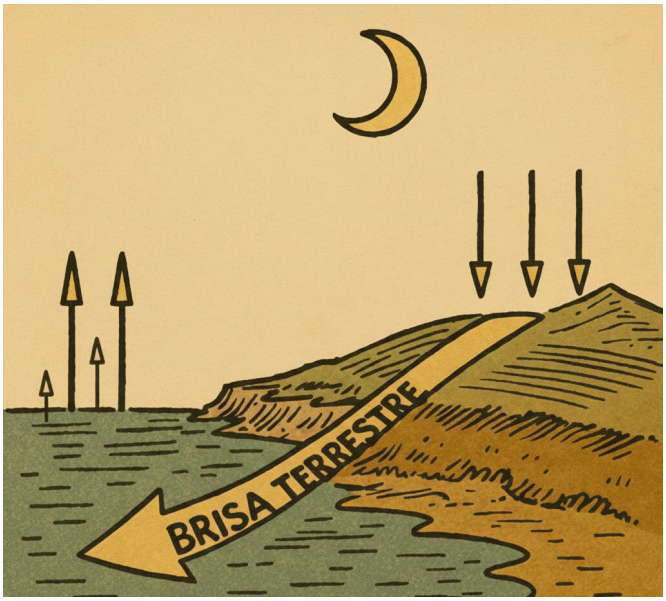
La Figura 26 muestra el comportamiento característico de las brisas terrestres, un tipo de corriente de aire que se genera durante la noche y persiste hasta el amanecer. Estas brisas son resultado del enfriamiento rápido de la tierra en comparación con el océano, creando un flujo de aire que se desplaza desde la tierra hacia el mar. Sus características principales son:

- Ocurren entre las 21:00 h y las 07:00 h.
- Tienen velocidades moderadas, que oscilan entre 3 y 6 km/h.

Se sienten como un viento tibio que puede penetrar hasta 10 km tierra adentro, dependiendo de la topografía y las condiciones locales.

Aunque las brisas terrestres tienen una menor intensidad en comparación con las brisas marinas, su impacto en la propagación de incendios forestales puede ser relevante en zonas cercanas a la costa, especialmente si interactúan con otros factores ambientales.

Figura 26.
Características de las brisas terrestres en áreas costeras



Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

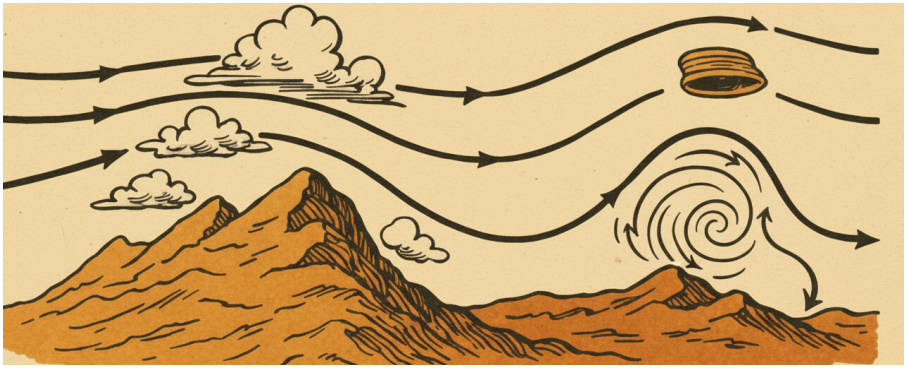
g) Viento de cumbres.

Según el programa de USAID/OFDA (2006), los vientos en las cumbres presentan características particulares debido a su interacción con el terreno. A nivel del suelo, los obstáculos naturales, como vegetación y accidentes topográficos, disminuyen la velocidad del viento al generar resistencia. Sin embargo, a mayor altitud, la velocidad del viento aumenta significativamente, superando en 4 o 5 veces la registrada a nivel del suelo en colinas aisladas o altas montañas. Esta dinámica explica los cambios drásticos en la composición de la vegetación en áreas reducidas, debido a la influencia directa de las condiciones climáticas extremas.

h) Olas de Montaña

La Figura 27 muestra cómo las olas de montaña se forman cuando una masa de aire húmedo asciende abruptamente por una elevación montañosa. Durante su descenso posterior, el aire genera una serie de ondas que se debilitan progresivamente a medida que se alejan de la elevación. Estas olas pueden ser altamente peligrosas, ya que en algunas ocasiones han causado daños significativos, como arrancar árboles de raíz. Además, su intensidad puede elevar pavesas incandescentes, creando nuevos focos de incendio lejos del frente principal del fuego (USAID/OFDA, 2006).

Figura 27.
Formación y dinámica de olas de montaña



Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

i) Torbellinos

Los remolinos de aire se definen como volúmenes de aire o fluidos que presentan un comportamiento distinto al del flujo principal. Estos fenómenos se generan en épocas de sequía, especialmente sobre superficies muy recalentadas. En estas condiciones, el aire adquiere un movimiento rotatorio inesperado, elevando polvo, hojas, papeles y otros materiales ligeros. Este tipo de remolino puede intensificar los incendios forestales al transportar partículas incandescentes, generando focos secundarios lejos del área principal del fuego (USAID/OFDA, 2006).

La escala Beaufort

Como plantean del Angel Ramos & Sera (2004), evaluar el potencial de las energías renovables es una tarea prioritaria para los países en desarrollo, especialmente al considerar su disponibilidad y viabilidad de aprovechamiento. Sin embargo, una de las principales limitaciones radica en que gran parte de las mediciones eólicas históricas se presentan en la escala de Beaufort, una metodología que se basa en observaciones subjetivas y carece de la precisión requerida para un análisis técnico confiable.

En este contexto, los investigadores enfrentan el desafío de decidir entre dos opciones: descartar estos datos históricos e invertir en financiamiento para estaciones de medición anemométrica con estándares modernos, o aprovechar la información existente mediante técnicas de evaluación adaptativa para identificar sitios con alto potencial de instalación de estas estaciones.

Adicionalmente, se ha identificado una base de datos significativa, con registros que en algunos casos superan los diez años de antigüedad. Aunque estas mediciones están limitadas por su escala, proporcionan una referencia inicial que puede ser útil para análisis preliminares. Los diferentes tipos de vientos registrados en estas mediciones se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4.
Clasificación de tipos de viento basados en mediciones de la escala de Beaufort

Fuerza Beaufort	Nombre	Equivalencia de la velocidad a una altura tipo de 10 m sobre terreno m/s	Km/h	Características para estimulación de la velocidad en tierra
0	Calma	0.00 - 0.20	0-0.72	El humo se eleva verticalmente
1	Ventolina	0.30 – 1.15	1.08-4.14	La dirección del viento se revela por el movimiento del humo, pero no por las veletas
2	Brisa muy débil	1.30 – 3.30	4.68-11.88	El viento se percibe en el rostro, las hojas se agitan
3	Brisa débil	3.40 – 5.40	12.24-19.44	Hojas y ramitas agitadas constantemente, el viento despliega las banderolas
4	Brisa moderada	5.50 – 7.90	19.80-28.44	El viento levanta polvo y hojitas de papel
5	Brisa fresca	8.00 – 10.70	28.80-38.52	Los arbustos con hojas se balancean, se forman olitas con cresta en las aguas interiores
6	Viento fresco	10.80 – 13.80	38.88-49.68	Las grandes ramas se agitan, el uso del paraguas se dificulta

Fuerza Beaufort	Nombre	Equivalencia de la velocidad a una altura tipo de 10 m sobre terreno m/s Km/h	Características para estimulación de la velocidad en tierra
7	Viento fuerte	13.90 – 17.10 50.04-61.56	Los árboles enteros se agitan, la marcha contra el viento es penosa
8	Viento duro	17.20 – 20.70 61.92-74.52	El viento rompe las ramas, es imposible la marcha contra el viento
9	Viento muy duro	20.80 – 24.40 74.88-87.84	El viento ocasiona ligeros daños en las viviendas
10	Temporal Borrasca	24.50 – 28.40 88.2-102.24	Árboles arrancados, importantes daños en las viviendas
11	Borrasca	28.50 – 32.60 102.60–117.36	Observado muy raramente, acompañado de extensos destrozos
12	Huracán	32.70 o más. 117.72-o más	Estragos graves y extensos

Fuente: del Angel Ramos & Sera (2004)

Efecto Venturi

El aumento de la velocidad del viento en los pasos entre montañas, o zonas estrechas entre dos obstáculos, es un fenómeno acompañado por una disminución de la presión. Este efecto, conocido como Efecto Venturi, fue comprobado experimentalmente por el científico Giovanni Battista Venturi, quien demostró que las partículas de un fluido incrementan su velocidad al atravesar un estrechamiento. Este comportamiento dinámico del viento puede intensificar la propagación de incendios forestales en áreas montañosas al aumentar la intensidad del flujo de aire y la capacidad de transporte de partículas incandescentes (USAID/OFDA, 2006).

Estabilidad Atmosférica y su Influencia en la Propagación de Incendios Forestales

La estabilidad atmosférica determina la capacidad de la atmósfera para incrementar o disminuir la turbulencia, afectando directamente la dispersión de partículas y la propagación del fuego. Su comportamiento depende de variables como la velocidad del viento, la radiación solar (insolación) y la nubosidad. Se distinguen tres tipos principales de estabilidad atmosférica:

- Inestable: Asociada a un calentamiento superficial intenso y vientos débiles. Ocurre principalmente durante el mediodía y la tarde, favoreciendo la formación de corrientes ascendentes que pueden intensificar la propagación del fuego.
- Neutral: Se origina en presencia de vientos fuertes que generan gran turbulencia. Es más frecuente en las primeras horas de la mañana, momento en el que el fuego puede propagarse de manera más errática.
- Estable: Caracterizada por vientos débiles y estabilidad térmica en la atmósfera. Suele presentarse durante la noche y puede limitar la dispersión del calor, concentrando la energía térmica en capas bajas.
- Pasquill (1961) desarrolló un esquema de clasificación basado en observaciones me-

teorológicas rutinarias para evaluar la estabilidad de la atmósfera en relación con la dispersión atmosférica. Este método incluye seis categorías:

A. Extremadamente inestable.
B. Moderadamente inestable.
C. Ligeramente inestable.
D. Neutral.
E. Ligeramente estable.
F. Moderadamente estable.

Posteriormente, Turner (1964) amplió este esquema considerando la influencia de la insolación y la nubosidad en la estabilidad atmosférica. En este método, la radiación solar incidente se evalúa según el ángulo de elevación del sol y la cantidad de nubosidad, mientras que durante la noche se considera exclusivamente la nubosidad para estimar la radiación saliente. Turner incorporó una nueva categoría, "Extremadamente estable", resultando en la siguiente clasificación:

1. Extremadamente inestable.
2. Inestable.
3. Levemente inestable.
4. Neutral.
5. Levemente estable.
6. Estable.
7. Extremadamente estable

A partir de estudios de difusión atmosférica, Golder (1972) estableció equivalencias entre las clasificaciones de Pasquill (1961) y Turner (1964), encontrando la siguiente correspondencia: A con 1, B con 2, C con 3, D con 4, E con 6 y F con 7, mientras que la clase 5 de Turner (Levemente estable) se consideró neutral.

Influencia de la Estabilidad Atmosférica en la Intensidad de los Incendios

Según Montoya et al. (2004), la estabilidad atmosférica varía a lo largo del día, con picos significativos a las 02:00 h, 08:00 h, 14:00 h y 20:00 h. Si un incendio forestal se produce en estos horarios, su intensidad puede ser considerablemente mayor que en otros momentos. Al combinar el grado de estabilidad atmosférica con el contenido de humedad ambiental, se establecen cuatro tipos de inestabilidad en campo, cada uno con un nivel de riesgo asociado:

Tipo I (Inestables secos): Riesgo muy alto.
Tipo II (Inestables húmedos): Riesgo bajo.
Tipo III (Estables secos): Riesgo alto.
Tipo IV (Estables húmedos): Riesgo medio.

Esta información es fundamental para evaluar la probabilidad de propagación de incendios forestales y diseñar estrategias de prevención y control basadas en las condiciones atmosféricas predominantes.

Formas de estabilidad atmosférica

Según Henao et al. (2012), la estabilidad atmosférica puede manifestarse de diferentes formas, dependiendo de las condiciones meteorológicas predominantes. Entre las más relevantes se encuentran:

- Anticiclón de Invierno

Este tipo de estabilidad atmosférica se caracteriza por una marcada ausencia de precipitaciones, con vientos débiles o en calma. Durante el día, predominan condiciones de buen tiempo, mientras que en la noche, la temperatura desciende drásticamente, favoreciendo la ocurrencia de heladas. Estas condiciones pueden aumentar la acumulación

de contaminantes en la atmósfera y limitar la dispersión del humo generado por incendios forestales.

- **Anticiclón de Época Seca con Baja Térmica**

En periodos de sequía, los anticiclones dominan la atmósfera, generando condiciones de estabilidad, cielos despejados y temperaturas elevadas. La fuerte radiación solar calienta la superficie, provocando la formación de una zona de bajas presiones en el interior de los valles debido a la ascensión del aire caliente menos denso. Esta tendencia puede favorecer el desarrollo de tormentas, aunque su intensidad suele ser moderada, ya que la estabilidad impuesta por el anticiclón restringe la convección.

- **Efectos sobre el Aire**

Los incendios forestales liberan humo y partículas incandescentes que contribuyen al recalentamiento del aire, afectando la calidad atmosférica. La emisión de dióxido de carbono (CO_2) y otros gases de efecto invernadero incrementa la temperatura local y global, intensificando los efectos del cambio climático. Además, la acumulación de estos contaminantes en la atmósfera puede generar condiciones de inversión térmica que dificultan la disipación del humo, aumentando el impacto sobre la salud humana y los ecosistemas.

4.3.2 Factores topográficos que influyen en el comportamiento del fuego

La propagación e intensidad de los incendios forestales están fuertemente condicionadas por la topografía del terreno. Como se muestra en la Tabla 5, los principales factores que influyen en el comportamiento del fuego incluyen:

- **Altitud**

La altitud tiene un impacto significativo en las condiciones climáticas, ya que a mayor altura se incrementa la humedad relativa y la velocidad del viento, mientras que la temperatura tiende a disminuir. Estos factores influyen directamente en la disponibilidad de combustibles y en el tipo de especies vegetales que pueden desarrollarse en un área determinada.

- **Pendiente**

El grado de inclinación del terreno afecta la velocidad de propagación del fuego. En pendientes pronunciadas, el calor se transfiere más rápidamente hacia arriba, precalentando los combustibles y acelerando la expansión del incendio.

- **Orientación**

La orientación del terreno determina la cantidad de radiación solar recibida y, por lo tanto, la temperatura de la superficie. En laderas con exposición sur y oeste (solana), el calentamiento diurno genera brisas ascendentes desde el valle hacia la cumbre, favoreciendo la propagación del fuego.

- **Relieve**

Las características del relieve, como vaguadas y crestas montañosas, pueden actuar como conductos naturales para el aire caliente, intensificando la propagación del incendio. Además, el relieve influye en la velocidad e intensidad del viento, modificando el comportamiento del fuego en diferentes sectores del terreno.

La configuración del paisaje no solo afecta la distribución de los combustibles, sino también las condiciones climáticas locales. Por ejemplo, las diferencias entre las laderas de solana (expuestas al sol) y umbría (en sombra) generan variaciones en la temperatura, humedad y tipo de vegetación, lo que impacta directamente en la inflamabilidad del combustible disponible.

Estos factores deben considerarse en la planificación de estrategias de prevención y control de incendios forestales, ya que influyen en la propagación del fuego y en la eficacia de las medidas de contención.

Tabla 5.
Influencia de la topografía en el comportamiento de los incendios forestales

Características	Tipo	Velocidad de propagación
Pendiente	Aumento del calor convección	A mayor pendiente, mayor velocidad de propagación
Orientación	Calor, cobertura vegetal	A mayor calor y cobertura, mayor velocidad de propagación
Relieve	Cañones, laderas	Relieve más abrupto, mayor velocidad
Altitud	Temperatura y humedad relativa	A mayor altitud, menor velocidad de propagación

4.4 Los combustibles y su efecto en el comportamiento del fuego.

El combustible forestal se define como cualquier material vegetal, ya sea vivo o muerto, que es capaz de arder bajo la influencia de factores antropogénicos o ambientales. Sin embargo, se excluyen aquellos materiales que presentan alta humedad, diámetros significativos o que están ubicados fuera del alcance directo del calor y las llamas durante un incendio. Estos factores determinan la probabilidad de ignición y el papel del material en la propagación del fuego.

4.4.1 Tipos de combustibles

El manejo adecuado de los combustibles juega un papel crucial en la prevención y control de los incendios forestales. Según su tipo y características, los combustibles pueden influir significativamente en la velocidad de propagación y la intensidad de los incendios. En la Tabla 6, se enumeran los principales tipos de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos que pueden originar o intensificar estos eventos. Aunque existen otros tipos, se destacan los más relevantes por su impacto potencial en el desarrollo de incendios forestales.

Tabla 6.
Principales tipos de combustibles relacionados con incendios forestales

Sólidos	Líquidos	Gases
Papel	Alcohol	Natural
Madera	Pintura	Metano
Cartón	Laca	Butano
Algodón	Cetona	Propano
Plásticos	Thinner	Acetileno
Caucho	Gasolina	CO_2
Leña	Diésel	Otros
Residuos de aprovechamiento forestal	Queroseno	
Material vegetal vivo	Látex	
Material vegetal muerto	Aceites	

Sólidos	Líquidos	Gases
Fibras sintéticas	Resina	
Fibras sintéticas Otros	Resina Varsol Disolventes Otros	

Según Trujillo (2014), el fuego se clasifica en cuatro clases principales, cada una asociada con tipos específicos de materiales combustibles y métodos de extinción adecuados:

- **Clase A**: Incluye materiales sólidos comunes o fibrosos que arden con facilidad, como madera, textiles, cartón, papel, gomas y ciertos plásticos. Estos combustibles suelen generar brasas y requieren agua o agentes extintores que enfríen el material para su control.
- **Clase B:** Comprende líquidos combustibles e inflamables, así como gases, entre los que destacan gasolina, A.C.P.M. (Aceite Combustible Para Motores), varsol, alcoholes, thinner, disolventes y pinturas. Este tipo de fuego se combate con agentes extintores que interrumpan la reacción química, como espuma, polvo químico seco o dióxido de carbono.
- **Clase C:** Involucra equipos eléctricos de baja tensión, como electrodomésticos, interruptores, cajas de fusibles y herramientas eléctricas. Debido a la presencia de electricidad, es esencial utilizar agentes extintores no conductores, como polvo químico seco o dióxido de carbono, para evitar el riesgo de electrocución.
- **Clase D:** Se refiere a incendios que implican metales combustibles y compuestos químicos reactivos, como magnesio, titanio, potasio y sodio. Estos incendios requieren agentes extintores especiales diseñados para reaccionar químicamente y sofocar el fuego, como polvo seco específico para metales.

Es importante distinguir entre el agente extintor, que es el producto utilizado para apagar el fuego, y el extintor de incendios, que es el dispositivo que contiene dicho agente. Este último está compuesto por un recipiente metálico o plástico diseñado para liberar el agente extintor de manera controlada.

Adicionalmente, los combustibles forestales pueden clasificarse según su naturaleza y características en dos categorías principales:

- **Combustibles Vegetales:** estos incluyen materiales vegetales vivos o muertos que varían en tamaño, forma y composición. Pueden ser finos, livianos o gruesos, y su capacidad para arder depende de factores como la disponibilidad del material, su distribución en el entorno, el tipo de planta y el contenido de humedad. La interacción de estos factores influye en la intensidad y velocidad de propagación del fuego.
- **Características de Combustibles no Vegetales:** según Agüero et al. (2004), los combustibles no vegetales, como gases inflamables, poseen propiedades específicas que determinan su inflamabilidad. La mezcla de un gas combustible con el oxígeno del ambiente solo puede inflamarse dentro de un rango definido por dos límites críticos. La proporción necesaria para alcanzar este rango crítico se detalla en la Tabla 7

Tabla 7.

Temperatura de inflamación, ignición y densidad relativa de materiales combustibles

Combustible	Temperatura de inflamación (ºC)
Alcohol	13
Gasolina	-38
Petróleo Combustible Nº5	52
Petróleo Diésel	50

Combustible	Temperatura de inflamación (ºC)
Algodón	266
Líquido Alcohol	365
Gasolina	456
Combustible	**Temperatura de inflamación (ºC)**
Gas Natural	0.6
Gas licuado del petróleo	2.0
Gases de Alcohol	1.6
Gases de Gasolina	3-4

Fuente: (Agüero et al., 2004)

4.4.2 Clasificación de los combustibles

Según Díaz García (2015), el combustible forestal comprende todos los materiales leñosos y ligeros, ya sean vivos o muertos, que se encuentran en un ecosistema forestal. Estos materiales son fundamentales para entender la dinámica de los incendios, ya que su disponibilidad y características influyen directamente en la propagación y la intensidad del fuego. En la Tabla 8, se presenta una clasificación detallada de los combustibles forestales basada en su tipo, ubicación, grosor y estado, proporcionando un marco técnico para su identificación y análisis.

Tabla 8.
Clasificación de los combustibles forestales por tipo, ubicación, grosor y est

Combustibles	Estado
Ligeros	Pastos secos, hojarasca, acículas de confieras, ramillas.
Pesados	Troncos, desechos de aprovechamiento forestal, ramas, raíces, etc.
Combustibles	**Estado**
Superficiales	Se ubican en la parte superficial del suelo mineral a menos de 1.5 m sobre el suelo.
Subterráneos	Forman parte del mantillo forestal (Humus: raíces y materia orgánica en descomposición).
Matorrales Arbustos	Son arbustos que superan el 1.5 m de altura.
Aéreos	Aquellos que están en el rango de 1.5 m integra a arbustos superiores a 1.5 m.
Combustibles	**Estado**
Finos o ligeros	Diámetros o espesor inferior a 5 mm (hierbas, hojarasca, pastos, acículas, ramillas).
Regulares	Entre 5 mm y 25 mm (ramillas, tallos pequeños).
Combustibles medianos	Entre 25 mm a 75 mm (ramas y restos de maderas de árboles).
Gruesos o pesados	Diámetros superior a los 75 mm (ramas gruesas, desechos de aprovechamiento forestal).

Combustibles	Estado
Vivos o verdes	Plantas, arbustos, árboles vivos con o sin follaje.
Secos o muertos	Plantas, árboles y arbustos Secos o muertos.

4.4.3 Disponibilidad del combustible

La disponibilidad de combustible se refiere a los materiales presentes en un incendio que están en condiciones de arder y consumirse. Para determinar esta disponibilidad, es esencial considerar la cantidad total de combustible y distinguir entre el combustible disponible y el no disponible. Este último incluye materiales ubicados fuera del alcance directo de las llamas.

Factores como el contenido de humedad, el tamaño y la forma de los materiales, y la compactibilidad influyen significativamente en la disponibilidad de los combustibles.

El contenido de humedad de los combustibles varía según varios factores, incluyendo el tipo de combustible (vivo o muerto), la época del año, la temperatura, la humedad relativa, los días sin lluvia, la exposición al sol, la fuerza del viento y la pendiente del terreno.

La cantidad, tamaño, forma y compactibilidad de los combustibles determinan su comportamiento durante un incendio forestal:

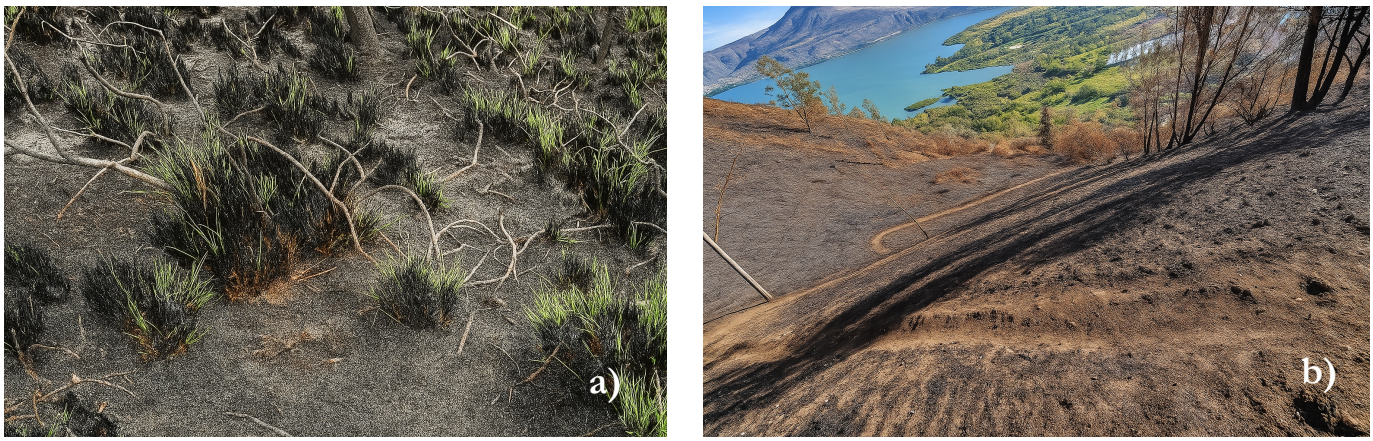
- Cantidad de Combustible: Se expresa en toneladas por hectárea o kilogramos por metro cuadrado.
- Tamaño y Forma: Los materiales más pequeños y delgados facilitan la propagación del incendio debido a su mayor superficie expuesta al calor.
- Compactibilidad: Describe la relación entre el espacio ocupado por las partículas de combustible y el aire presente entre ellas.
  - Combustibles con alta compactibilidad contienen menos aire, lo que limita el flujo de oxígeno y reduce la propagación del fuego.
  - Combustibles con baja compactibilidad contienen más aire, favoreciendo una mayor combustión.

4.4.4 Continuidad del Combustible

La continuidad del material combustible es clave para la propagación del fuego y se divide en vertical y horizontal:

- Continuidad Vertical: Describe la distribución de los combustibles desde el suelo hasta las copas de los árboles. La continuidad vertical favorece la formación de cadenas convectivas que transforman incendios superficiales en incendios de copa. o Combustibles superficiales: Material sobre el suelo, como hojarasca y ramillas.
  - Combustibles aéreos: Material en las copas de los árboles.
- Continuidad Horizontal: Se refiere a la distribución de combustibles en el plano horizontal, que puede ser uniforme o no uniforme:
  - Uniforme: Los combustibles se distribuyen de manera continua, sin interrupciones ni islas de materiales no combustibles, como se muestra en la Figura 28.

Figura 28.
Factores y características del combustible forestal en la propagación de incendios



○ No Uniforme: Los combustibles están distribuidos de manera irregular, con interrupciones que pueden limitar la propagación del incendio. La Figura 29 (a y b) muestra la distribución de los combustibles forestales en el plano horizontal con un patrón discontinuo. En este caso, se observan islas verdes dispersas que permanecen intactas y no son afectadas por el incendio. Estas áreas no quemadas actúan como interrupciones naturales en la propagación del fuego, limitando su alcance y disminuyendo su intensidad en ciertas zonas.

Figura 29.
Continuidad horizontal no uniforme: a) Cerro Iguán, Provincia del Carchi; b) Yahuarcocha.

4.5 La madera como combustible

4.5.1 Densidad de la madera

La densidad de la madera es un indicador clave de su poder calórico y de su capacidad para retardar la propagación de un incendio. Se define como la relación matemática entre la masa de la madera (considerando su peso por acción de la gravedad) y su volumen, expresada en g/cm³. Este valor varía entre especies forestales, influyendo directamente en su resistencia al fuego. Por ejemplo, maderas densas como el mangle presentan mayor resistencia y tiempo de retardación frente a incendios, en comparación con especies menos densas como el pino o el ciprés.

4.5.2 Sustancias Químicas de la Madera

La composición química de la madera influye significativamente en su comportamiento como combustible forestal. En términos generales, está formada por tres grupos principales de sustancias:

- Componentes de la pared celular: Incluyen celulosa, hemicelulosa y lignina, que son los principales constituyentes estructurales.
- Sustancias extraíbles: Compuestos de baja masa molecular que están presentes en menor cantidad, como grasas, ceras y otros extractivos.
- Sustancias minerales: Elementos inorgánicos que se encuentran en pequeñas proporciones.

La proporción de estos compuestos varía entre diferentes especies. Por ejemplo, las maderas de coníferas y latifoliadas difieren en su contenido de lignina, mientras que la celulosa muestra una composición uniforme en todas las especies (Martínez et al., 2011). Algunas especies contienen compuestos volátiles como resinas y aceites esenciales, que son altamente inflamables y determinan la intensidad calórica de su combustión.

4.5.3 Contenido de Humedad

El contenido de humedad de la madera es un factor determinante para evaluar su disponibilidad como combustible. Este varía según las condiciones atmosféricas y afecta directamente el tiempo de retardación de un incendio. Los combustibles vivos contienen mayor humedad, lo que incrementa su resistencia al fuego. En contraste, los combustibles muertos actúan como materiales higroscópicos, absorbiendo o liberando humedad al ambiente en función de la temperatura y la humedad relativa.

Debido a que las condiciones atmosféricas fluctúan a lo largo del día, el contenido de humedad de la madera también varía, como se detalla en la Tabla 9. Esta dinámica resalta la importancia de considerar el estado de los combustibles al diseñar estrategias de manejo y prevención de incendios forestales.

Tabla 9.
Variación del contenido de humedad en la madera según condiciones atmosféricas

Combustibles	Condiciones ambientales
Fino	Condiciones atmosféricas en ese instante
Regular	Condiciones atmosféricas medias del día
Medianos	Condiciones atmosféricas medias de la semana
Gruesos o pesados	Condiciones atmosféricas medias del mes

4.5.4 Clasificación de combustibles forestales por tamaño y tiempo de retardación

Según Velez (1990), la inflamabilidad de un combustible forestal se determina por el tiempo necesario para que comience a emitir gases inflamables al ser sometido a una fuente de calor constante. Este tiempo de retardación varía en función de las características del material combustible, como su tamaño y composición.

Los ensayos realizados en laboratorio utilizando un irradiador permitieron clasificar los combustibles en distintas categorías según su comportamiento térmico. Los resultados de estas pruebas, que ofrecen una base técnica para comprender la inflamabilidad de diferentes materiales, se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10.
Clasificación de combustibles forestales según tamaño y tiempo de retardación

Inflamabilidad	Especie
Muy inflamable todo el año	*Calluna vulgaris* *Erica pecial* (brezo) *Erica australis* (brezo) *Erica herbacea* (brezo) *Erica scoparia* (brezo) *Phillyrea angustifolia* *Pinus halepensis* (pino carrasco) *Quecus ilex* (encina) *Thymus vulgaris* (tomillo)
Muy inflamable sólo en verano	*Anthyllis cytisoides* *Cistus ladaniferus* (pec pringosa) *Genista falcata* (aulaga) *Pinus pinaster* (pino resinero) *Quercus peci* (alcornoque) *Rosmarinus officinalis* (pecia) *Rubus idaeus* (zarza) *Stipa pecialion* (esparto) *Ulex parviflorus* (aulaga)

Inflamabilidad	Especie
Moderadamente poco inflamable	*Arbutus unedo* (madroño) *Cistus albidus* (jara estepa) *Cistus salvifolius* (jara) *Erica multiflora* (brezo) *Juniperus oxycedrus* (enebro) *Olea pecial* (acebuche) *Quercus coccifera* (coscoja)

Fuente: Vélez (1991).

En la Tabla 11 se resumen los factores que influyen en la propagación del fuego, estableciendo relaciones clave entre el tamaño y la forma del combustible, el espacio disponible entre las partículas, el contenido de humedad y el tipo de material combustible. Además, se considera cómo estas características afectan directamente la velocidad de propagación del incendio. Esta información es fundamental para evaluar el comportamiento del fuego en distintos escenarios y para el diseño de estrategias de manejo y prevención.

Tabla 11.
Factores clave que influyen en la propagación del fuego forestal

Combustibles	Tipo	Velocidad de propagación
Tamaño y forma	Finos o ligeros, medios, gruesos o pesados	A mayor relación superficie/volumen, mayor facilidad de combustión
Distribución espacial	Continuidad horizontal o vertical, discontinuidad	A mayor continuidad, mayor velocidad de propagación
Humedad	Combustibles vivos o muertos	A mayor humedad, menor velocidad de propagación

Fuente: Vélez (1991)

4.6 Intensidad del Fuego

La intensidad del fuego se refiere a la cantidad de energía térmica generada durante un incendio y su impacto en los materiales y el entorno. Este concepto se divide en diferentes categorías que ayudan a entender el comportamiento del fuego y su propagación:

- Intensidad Calórica: según Johnston et al. (2017), Ruecker et al. (2021) y Santoni et al. (2011), la intensidad calórica se define como el calor liberado por unidad de longitud del frente de fuego y por unidad de tiempo. Este valor se calcula multiplicando el calor medio liberado en la combustión por unidad de área por la velocidad de propagación del fuego. Representa la medida más comúnmente utilizada para evaluar la intensidad del fuego, conocida también como la Intensidad de Byram, y es crucial para cuantificar la energía térmica en incendios forestales.
- Intensidad de Reacción: este término describe el calor liberado por unidad de área y por unidad de tiempo en el frente de fuego. Es una medida puntual que proporciona información sobre la energía generada en la zona activa del incendio.

- Intensidad del Fuego: la intensidad del fuego es un concepto general que engloba la tasa de producción de energía térmica durante un incendio. Este indicador permite evaluar la magnitud del evento y su potencial destructivo.
- Intensidad Radiactiva: la intensidad radiactiva mide la tasa de emisión de radiación térmica, ya sea en todo el espectro electromagnético o dentro de un rango específico de longitudes de onda. En el contexto de incendios forestales, se refiere a la energía radiante interceptada en el suelo o en áreas cercanas al frente de llamas, afectando tanto los materiales como el entorno inmediato.

Estas categorías establecen un marco cuantitativo y técnico para caracterizar el comportamiento del fuego. Su análisis permite modelar la dinámica de propagación, evaluar el impacto energético sobre los combustibles y diseñar estrategias precisas de control, supresión y mitigación en escenarios de incendios forestales.

4.7 La ignición

La ignición es el proceso mediante el cual un material combustible inicia la combustión en presencia de una fuente de calor y oxígeno. Dependiendo de su origen y propagación, se distinguen diferentes tipos de ignición en incendios forestales:

- **Ignición Aérea**

Ocurre cuando dispositivos o materiales incendiarios son arrojados desde una aeronave, provocando la ignición de combustibles en la superficie. Este método puede ser intencional en operaciones de quema prescrita o accidental en incendios no controlados.

- **Ignición Tipo Antorcha**

Se refiere a la combustión rápida y vertical de un árbol individual o de un pequeño grupo de árboles, generalmente iniciada desde la base y propagada hacia la copa a través de cadenas convectivas. Este fenómeno es común en incendios de alta intensidad y puede generar focos secundarios a través de la proyección de pavesas incandescentes.

- **Resistencia al Control**

Es la dificultad relativa que presenta un incendio para ser contenido y extinguido. La resistencia al control depende de múltiples factores, como la intensidad del fuego, la disponibilidad y continuidad de los combustibles, la topografía y las condiciones meteorológicas.

4.8 Retardantes del Fuego

Los retardantes del fuego son sustancias que, a través de mecanismos químicos o físicos, reducen la inflamabilidad de los combustibles o disminuyen la velocidad de combustión. A diferencia del agua, estos compuestos pueden prolongar su efecto más allá del momento de aplicación, mejorando la eficiencia de las operaciones de supresión del fuego:

- **Retardantes de la Acción del Fuego**

Son sustancias diseñadas para reducir la inflamabilidad de los combustibles o mitigar su tasa de combustión. Se aplican en forma líquida o en pasta aguada, ya sea desde aeronaves o mediante equipos terrestres, con el objetivo de crear barreras químicas que retrasen la propagación del incendio.

- **Retardantes de Largo Plazo**

Están formulados principalmente con sales amónicas, como sulfatos, fosfatos y polifosfatos. Su acción extintora se mantiene incluso después de la evaporación del agua utilizada como vehículo de aplicación, lo que les otorga un efecto prolongado. Sin embargo,

su eficacia puede disminuir si el combustible recupera humedad.

Los retardantes pueden contener aditivos específicos que optimizan su aplicación y funcionalidad:

- Viscosantes: Mejoran la adherencia del retardante sobre los combustibles, evitando su dispersión y maximizando su efecto protector. o Colorantes: Facilitan la identificación de las áreas tratadas, especialmente en aplicaciones aéreas, asegurando una cobertura uniforme del retardante. o Inhibidores de Corrosión: Protegen los equipos de aplicación contra el efecto corrosivo de las sales amónicas. Se evita la formación de partículas cristalinas duras o impurezas que puedan dañar los mecanismos de apertura y cierre de compuertas en aeronaves y sistemas de descarga terrestre.

Para garantizar su almacenamiento seguro y uso eficiente, los retardantes deben ser formulados con un bajo índice de toxicidad, asegurando que sean inocuos para humanos, animales y plantas. Además, deben mantener estabilidad química durante largos periodos de almacenamiento sin degradarse ni perder efectividad.

4.9 Mecanismos de transmisión del calor

El calor es un fenómeno físico que genera cambios significativos en los materiales al transferir energía térmica. Estos efectos pueden observarse en:

- **Elevación de la temperatura:** Incremento térmico que modifica las propiedades físicas y químicas de los materiales, acercándolos a sus puntos críticos de transformación, como la ignición o la fusión.
- **Aumento del volumen de los cuerpos**: Dilatación térmica que ocurre cuando los materiales sólidos, líquidos o gaseosos se expanden debido al calor.
- **Cambios físicos en la materia:** Transformaciones en el estado físico de los materiales, como la fusión, vaporización o sublimación, que dependen de la naturaleza del material y la cantidad de energía térmica aplicada.

El calor se propaga mediante diferentes mecanismos que explican cómo la energía térmica se distribuye y afecta los materiales en su entorno. Los principales mecanismos son:

- **Conducción:** Transferencia de calor que ocurre entre cuerpos en contacto directo, típica en materiales sólidos. Es un proceso que depende de la conductividad térmica del material; por ejemplo, los metales son excelentes conductores.
- **Convección:** Movimiento del calor a través de fluidos (líquidos o gases), generado por diferencias de temperatura y densidad. Este mecanismo es especialmente relevante en la transferencia de calor en incendios, donde las corrientes de aire caliente contribuyen a la propagación del fuego.
- **Radiación:** Transferencia de energía térmica mediante ondas electromagnéticas, que puede ocurrir incluso en el vacío. Este mecanismo es fundamental para entender la propagación del calor en incendios de gran magnitud.
- **Pavesas:** Fragmentos incandescentes o parcialmente en combustión que son transportados por el viento. Las pavesas son responsables de iniciar focos secundarios de incendio en áreas no afectadas previamente, ampliando el alcance del fuego.

4.9.1 La Conducción

La Figura 30 (a y b) ilustra el fenómeno de transferencia de calor por conducción, un proceso que ocurre cuando el calor se transmite directamente de una materia a otra en

contacto físico. Este mecanismo es particularmente relevante en materiales combustibles que han perdido su contenido de humedad, ya que esta condición facilita la propagación del fuego.

En el caso de la madera sometida a incendios, la eliminación de gases relacionados con la higroscopicidad del material genera condiciones favorables para la combustión continua. Este fenómeno no solo intensifica el incendio, sino que también contribuye a la liberación de energía que puede propagar el calor hacia materiales adyacentes.

Figura 30.
Conducción de calor en materiales combustibles: madera seca como caso de estudio

4.9.2 La Convección

La Figura 31, compuesta por una fotografía de ejemplo y una ilustración del fenómeno, representa el proceso de convección en la propagación de un incendio forestal. Este mecanismo ocurre cuando el calor generado en el estrato bajo, al quemarse materiales superficiales como ramas, ramillas, pastos y hojarasca, se transfiere al estrato medio, donde arden arbustos que generalmente no superan los 1.5 metros de altura. Finalmente, este proceso puede intensificarse hasta alcanzar las copas de los árboles, generando incendios de copa.

La convección implica la transmisión de gases calientes en movimiento, que forman cadenas convectivas ascendentes. Estas corrientes no solo propagan el calor hacia capas superiores, sino que también pueden transportar fragmentos incandescentes que contribuyen a la expansión del incendio.

Figura 31.
Representación de la convección en incendios forestales: fotografía y esquema ilustrativo

Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

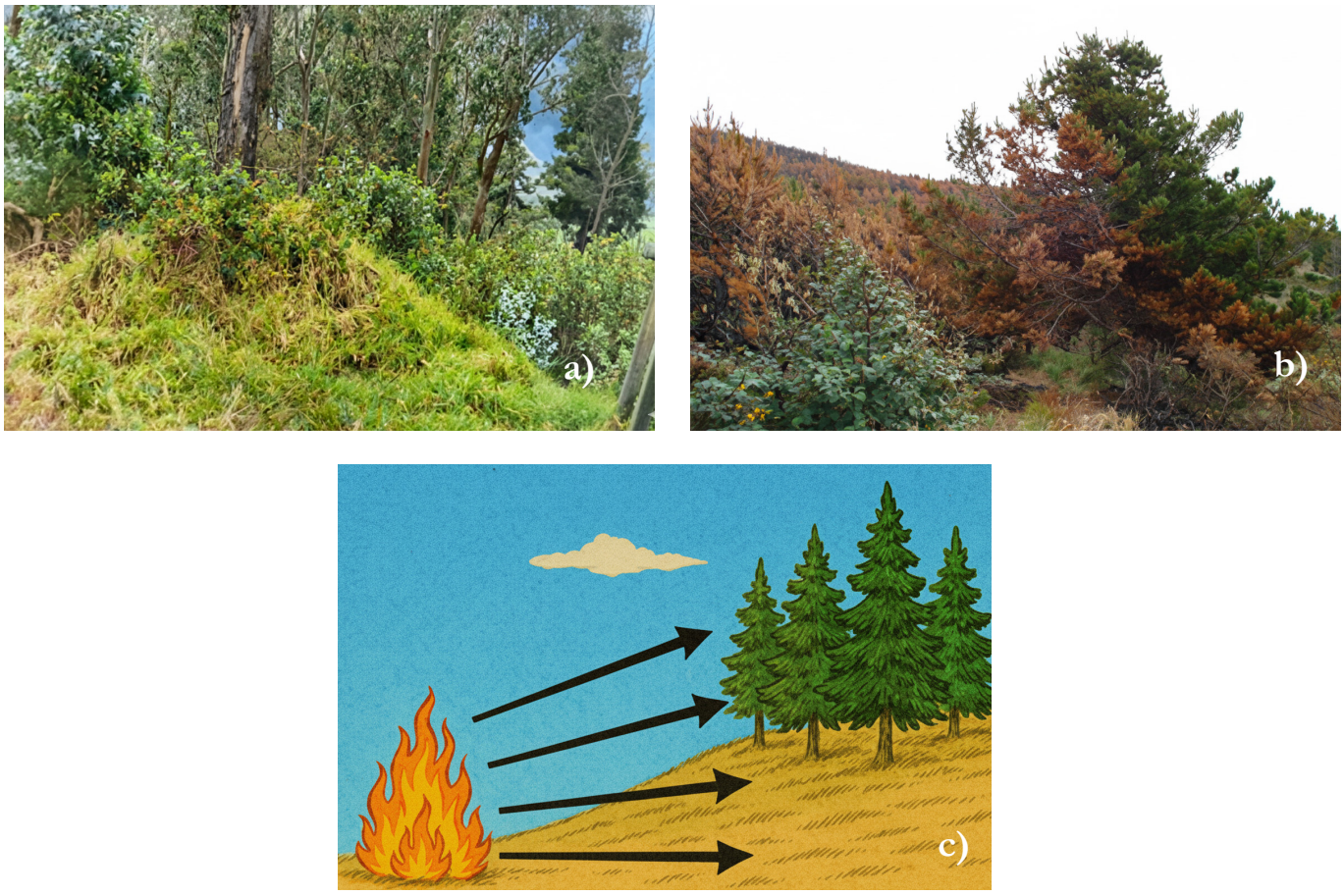
4.9.3 La Radiación

La Figura 32 (a, b y c), compuesta por una secuencia de imágenes y una ilustración esquemática, muestra el fenómeno de radiación térmica en incendios forestales. Este proceso ocurre cuando el calor se propaga en forma de ondas electromagnéticas desde una fuente de alta temperatura hacia áreas circundantes, incluso sin contacto directo con el fuego.

En la Figura 32 (a), se observa cómo el calor irradiado afecta a zonas que no están en contacto directo con las llamas. La Figura 24 (b) destaca el impacto sobre un árbol que, aunque no está directamente expuesto al fuego, sufre daños significativos debido al calor emitido por la combustión. De manera similar, la Figura 24 (c) evidencia cómo la radiación térmica puede propagar el daño a áreas vecinas, ampliando el alcance del incendio.

Este mecanismo es particularmente importante para comprender cómo los incendios afectan zonas adyacentes a los focos activos, contribuyendo a la propagación del calor y a la destrucción indirecta de la vegetación.

Figura 32.
Radiación térmica en incendios forestales: daños indirectos en la vegetación



Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

4.9.4 Las Pavesas

La Figura 33 ilustra el fenómeno de las pavesas como un mecanismo de transmisión del calor asociado a incendios forestales. Las pavesas son fragmentos incandescentes, comúnmente de carbón vegetal, que resultan de un proceso de combustión lento. Este material puede actuar como fuente de ignición secundaria, propagando el fuego a nuevas áreas.

Existen dos tipos principales de pavesas, que se diferencian por su comportamiento en el entorno del incendio:

- Pavesas volantes: Fragmentos incandescentes transportados por corrientes de aire, capaces de encender vegetación en zonas distantes del foco inicial.
- Pavesas rodantes: Fragmentos que se desplazan por pendientes o irregularidades del terreno, propagando el incendio a áreas más bajas o adyacentes.

Este mecanismo destaca por su capacidad para ampliar significativamente el alcance de los incendios forestales, especialmente bajo condiciones de viento o en terrenos inclinados.

Figura 33.
Pavesas: Fragmentos incandescentes en la propagación de incendios forestales

Pavesas rodantes

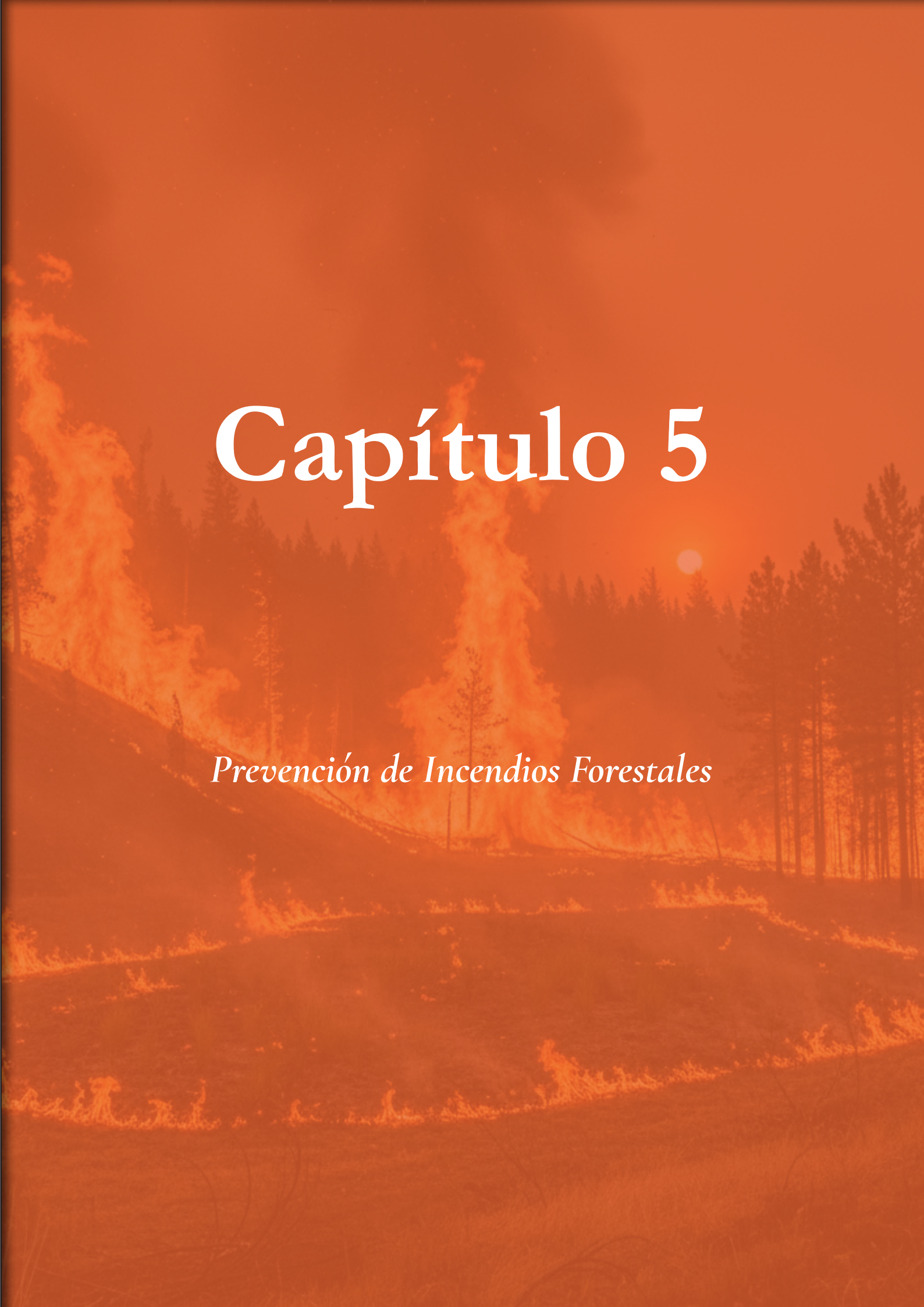
La Figura 34 muestra el fenómeno de las pavesas rodantes, que son fragmentos de madera rolliza parcialmente quemada durante un incendio. Estas pavesas se desplazan por efecto de la gravedad o siguiendo la pendiente del terreno, y su movimiento puede provocar focos secundarios o conatos de incendio en áreas más bajas. Este mecanismo es particularmente peligroso en terrenos inclinados, ya que facilita la propagación del fuego hacia zonas alejadas del foco principal.

Figura 34.
Pavesas rodantes: propagación de incendios en terrenos inclinados

Pavesas volantes

La Figura 35 representa el fenómeno de las pavesas volantes, fragmentos de madera quemada que adquieren formas angulares, subangulares o redondeadas. Estas partículas incandescentes son transportadas por la acción del viento, lo que permite que el fuego se propague a áreas distantes del foco inicial. Este mecanismo es especialmente relevante en incendios forestales bajo condiciones de viento intenso, donde el alcance de las pavesas puede generar múltiples focos secundarios.

Figura 35.
Pavesas volantes: transporte aéreo de fragmentos incandescentes



Capítulo 5

Prevención de Incendios Forestales

5.1 Marco Normativo sobre la Gestión Ambiental y la Prevención de Incendios Forestales en Ecuador

La prevención y control de incendios forestales en Ecuador están enmarcados en una serie de disposiciones constitucionales y normativas que establecen competencias y responsabilidades a nivel estatal y descentralizado. A continuación, se presentan los principales instrumentos legales que rigen la gestión ambiental en este ámbito.

5.1.1 Constitución de la República del Ecuador (CRE, 2008)

La Constitución de la República del Ecuador establece principios fundamentales para la protección del medio ambiente y la biodiversidad, asegurando una gestión sostenible de los recursos naturales. En este sentido, se destacan las siguientes disposiciones:

- Artículo 264 - Competencias de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) Municipales tienen la obligación de garantizar la seguridad y bienestar de la población mediante la implementación de medidas preventivas y correctivas en casos de emergencias ambientales. Entre sus competencias exclusivas se incluye:

  - Literal 13: Gestión de los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios.

- Artículo 400 - Soberanía del Estado sobre la biodiversidad.

El Estado ecuatoriano ejerce soberanía sobre su biodiversidad, asumiendo la responsabilidad de su conservación y uso sostenible bajo un enfoque intergeneracional.

En este marco, se declara de interés público la protección de:

  - La biodiversidad agrícola y silvestre.
  - El patrimonio genético del país.
  - Los ecosistemas y sus servicios ambientales.

- Artículo 404 - Patrimonio Natural del Ecuador

El patrimonio natural ecuatoriano es reconocido como un recurso único e invaluable, comprendiendo:

  - Formaciones físicas, biológicas y geológicas de alto valor ambiental, científico, cultural y paisajístico.
  - Estrategias de protección, conservación, recuperación y promoción de los recursos naturales.
  - La gestión ambiental bajo principios de ordenamiento territorial y zonificación ecológica, conforme a la ley.

5.1.2 Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017)

El Código Orgánico del Ambiente (COA) refuerza la gestión ambiental establecida en la Constitución y detalla las atribuciones específicas de las distintas entidades gubernamentales

en la prevención y control de incendios forestales. Este marco legal se articula en distintos niveles de gobierno para garantizar una gestión integral de los ecosistemas y la reducción del riesgo de incendios.

- Artículo 26 - Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales Los GAD Provinciales, en el ejercicio de sus competencias ambientales, tienen la responsabilidad de diseñar e implementar estrategias para la mitigación del impacto de los incendios forestales. Sus funciones incluyen:
  - Literal 4: Elaboración de planes, programas y proyectos para la prevención de incendios forestales y otros riesgos ambientales que afecten los bosques, la vegetación natural y las plantaciones forestales.

- Artículo 27 - Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales Los GAD Metropolitanos y Municipales deben coordinar sus acciones con las políticas nacionales y provinciales para garantizar una respuesta efectiva ante incendios forestales. Sus responsabilidades incluyen:
  - Literal 4: Implementación de medidas de prevención y control de incendios forestales que afectan a bosques, vegetación natural y plantaciones forestales.

- Artículo 98 - Gestión de plantaciones forestales y sistemas agroforestales

En el contexto de la producción forestal, el COA establece que la Autoridad Nacional de Agricultura, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional, debe:

  - Literal 7: Dictar normativas técnicas específicas para la prevención y control de incendios forestales en plantaciones forestales y sistemas agroforestales, alineadas con la Estrategia Nacional de Incendios Forestales.

- Artículo 261 - Medidas mínimas para la gestión de incendios forestales

Para garantizar una prevención y respuesta eficiente ante incendios forestales, el COA establece que la Autoridad Ambiental Nacional debe:

  - Coordinar acciones interinstitucionales y basadas en capacidades locales para la prevención, control y manejo del fuego en ecosistemas vulnerables.
  - Implementar mecanismos de monitoreo continuo y evaluación de riesgos ambientales.
  - Desarrollar programas de educación y sensibilización dirigidos a comunidades y actores locales.

- Artículo 273 - Gestión de riesgos ambientales y prevención de incendios

La Autoridad Nacional de Gestión de Riesgos es responsable de liderar estrategias para la prevención y mitigación de incendios forestales, en coordinación con otras entidades del Estado. Sus funciones incluyen:

  - Identificación y categorización de zonas vulnerables a incendios forestales.
  - Restricción y regulación de actividades en áreas de alto riesgo. o Implementación de acciones de prevención y control de incendios en los diferentes ecosistemas del país.

5.2 Detección segura de los incendios

5.2.1 Finalidad e Importancia de la Detección

La detección temprana de incendios forestales es fundamental para reducir el impacto ambiental, social y económico de estos eventos. Un sistema de detección eficiente permite localizar el fuego en sus primeras etapas y comunicarlo rápidamente al personal encargado de la extinción, minimizando la propagación y los costos de operación.

- Las condiciones principales para una detección efectiva incluyen:
- Rapidez: Identificar el incendio en sus fases iniciales.
- Precisión: Obtener información clara sobre su ubicación y características.
- Comunicación efectiva: Garantizar la transmisión rápida y precisa de los datos a la central de operaciones.

Sin una detección oportuna, el fuego puede alcanzar proporciones incontrolables, comprometiendo los esfuerzos de extinción y aumentando los daños a los ecosistemas y comunidades.

5.2.2 Sistemas de detección terrestre fija

Existen diferentes métodos para la detección de incendios forestales, cada uno con ventajas y limitaciones dependiendo de las características del terreno y los recursos disponibles. Los principales sistemas incluyen:

Detección Terrestre Fija

Se basa en la utilización de torres de observación o miradores ubicados en puntos estratégicos para una vigilancia continua.

Figura 36.
Torre de observación en un punto estratégico

Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

- **Ventajas**
  - Permite vigilancia permanente, incluso en horario nocturno.
  - Facilita la triangulación para determinar la ubicación exacta del fuego.
  - Puede servir como punto de retransmisión para radiocomunicaciones y monitoreo meteorológico.

- Limitaciones
  - Costos iniciales elevados para su construcción y mantenimiento.
  - Puntos ciegos en el terreno pueden limitar la detección.
  - Dependencia de las condiciones climáticas para la visibilidad.

Detección Terrestre Móvil

Consiste en patrullajes terrestres realizados por personal capacitado a través de vehículos, caballos o embarcaciones en zonas propensas a incendios.

Figura 37.
Vehículo de vigilancia en patrullaje forestal

Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

- **Ventajas**
  - Efecto disuasorio al generar presencia en las áreas vulnerables.
  - Permite actuar rápidamente en la fase inicial del incendio. o Facilita la verificación de áreas con visibilidad reducida para las torres de observación.

- Limitaciones:
  - Cobertura intermitente debido a la necesidad de recorrer grandes extensiones. o Limitaciones en el acceso a zonas de difícil ingreso.
  - Dependencia del estado de las vías y condiciones meteorológicas.

Detección Aérea

Utiliza aeronaves, como aviones y helicópteros, equipados con sensores de imagen y cámaras térmicas para monitorear grandes extensiones de terreno.

Figura 38.
Helicóptero controlando incendio forestal

Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

- Ventajas
  - Cobertura amplia en menor tiempo.
  - Flexibilidad para operar en diversas condiciones de terreno.
  - Capacidad de reconocimiento detallado y geolocalización del incendio.
- Limitaciones o Alto costo de operación y mantenimiento.
  - Dependencia de condiciones climáticas favorables para el vuelo.
  - Periodicidad intermitente entre vuelos.

Uso de Drones en la Detección de Incendios

Los drones se han convertido en una herramienta clave para la detección y monitoreo de incendios forestales, gracias a su capacidad de sobrevolar zonas de difícil acceso y transmitir información en tiempo real.

- Ventajas
  - Bajo costo operativo en comparación con aeronaves tripuladas.
  - Reducción del riesgo humano en la exploración de áreas peligrosas.
  - Monitoreo en tiempo real con cámaras térmicas y sensores de humo.

- Limitaciones o Tiempo de operación limitado por la autonomía de la batería. o Restricciones en la capacidad de carga de equipos especializados.
  - Dependencia de la cobertura de comunicación para el envío de datos.

Detección Indirecta

Implica la notificación de incendios a través de sistemas de comunicación como:

- Llamadas telefónicas.
- Redes sociales y mensajes de texto.
- Información proporcionada por medios de comunicación masiva.

5.2.3 Factores que influyen en una detección eficiente

La eficiencia en la detección de incendios forestales depende significativamente de diversos factores, que pueden clasificarse en físicos y humanos. A continuación, se detallan estos factores con claridad y precisión, enfatizando sus características y relevancia para la detección temprana y efectiva.

Humos

El humo es el primer indicio visible de un incendio y puede ser detectado desde grandes distancias. Sin embargo, la identificación del humo puede complicarse debido a fuentes diversas que generan columnas visualmente similares, pero de diferente origen. La clasificación adecuada del humo permite optimizar la eficacia del sistema de detección.

- **Clasificación del humo según su tipo o Humos legítimos:** generados regularmente por actividades industriales autorizadas.
  - Humos ilegítimos: producidos por incendios forestales reales.
  - Humos falsos: resultantes del polvo levantado por el tránsito vehicular o por acciones naturales del viento, que pueden confundirse con humos de incendios reales.

- **Clasificación del humo según su volumen o Grandes:** columnas extensas, visibles desde grandes distancias.
  - Medianos: visibles pero con menor volumen, dificultando ligeramente la detección.

- **Clasificación del humo según su color:**
  - Blanco: indica quema de combustibles livianos (pastos secos, ramillas y acículas de entre 5 a 25 mm de diámetro).
  - Gris-café: producido por la quema de arbustos y vegetación intermedia (diámetro entre 25 a 50 mm).
  - Negro-azul: asociado a combustión de materiales pesados o gruesos como árboles de especies latifoliadas (50-75 mm de diámetro). o Amarillo: vinculado a incendios en vegetación resinosa, común en especies con alto contenido de resina.

La presencia del humo genera dificultades que afectan tanto a personas como a la fauna:

- **Impacto en la salud humana:** especialmente severo en bebés, niños pequeños, mujeres embarazadas, adultos mayores y personas con enfermedades respiratorias como asma.
- **Impacto en la fauna:** los animales domésticos (perros, gatos, ganado, etc.) pueden experimentar desorientación, huir de su hábitat y sufrir daños graves. La fauna silvestre, especialmente las especies más vulnerables, corre riesgos significativos de mortalidad o desplazamiento forzado.

Cercanía a asentamientos humanos

La proximidad de áreas boscosas a zonas habitadas aumenta considerablemente el riesgo de incendios forestales debido a la alta interacción humana con estos espacios. La accesibilidad frecuente por parte de la población incrementa la probabilidad de incendios provocados, ya sea por negligencia o actividades intencionadas. Por lo tanto, se requiere especial vigilancia en zonas:

- Cercanas a centros urbanos.
- De fácil acceso y tránsito frecuente.
- Con actividades recreativas frecuentes.

La identificación de estos factores permite establecer sistemas efectivos de predicción y alerta temprana, optimizando la planificación de medidas preventivas y de respuesta rápida frente a incendios forestales.

5.3 Formas de ataque y control del fuego

La selección adecuada de las técnicas para el ataque y control de incendios forestales garantiza operaciones seguras y efectivas. Existen principalmente dos formas de ataque: directo e indirecto, cada una con técnicas y procedimientos específicos que deben implementarse según las características del incendio y el entorno.

5.3.1 Ataque directo.

Consiste en combatir directamente las llamas actuando sobre el combustible vegetal que está ardiendo. Los procedimientos más comunes del ataque directo están descritos en la Tabla

Tabla 12.
Técnicas del ataque directo para el control de incendios

Técnica de control	Procedimiento utilizado
Desplazamiento del aire próximo a las llamas	Uso de batefuego, matafuego o materiales presentes en el bosque (ramas).
Enfriamiento y aislamiento del combustible	Aplicación de agua mediante bombas de mochila, uso de retardantes o tierra.
Dispersión del combustible en ignición	Uso de herramientas manuales como rastrillo, Pulaski, azadón o pala forestal.

5.3.2 Técnica del Contrafuego

El contrafuego consiste en crear intencionalmente una línea de fuego controlada para que avance hacia el incendio principal; cuando ambas líneas se encuentran, el fuego se extingue por falta de combustible. Es una técnica especializada y peligrosa, por lo que solo personal altamente capacitado debe realizarla (Figura 39).

Figura 39.
Implementación del contrafuego para control de incendios forestales

Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

5.3.3 Ataque Indirecto

El ataque indirecto implica la extinción del fuego mediante el aislamiento del combustible. Se construye una línea de control alrededor del incendio para evitar su propagación, considerando aspectos específicos como áreas ya quemadas, vegetación eliminada o barreras naturales y artificiales (Tabla 13).

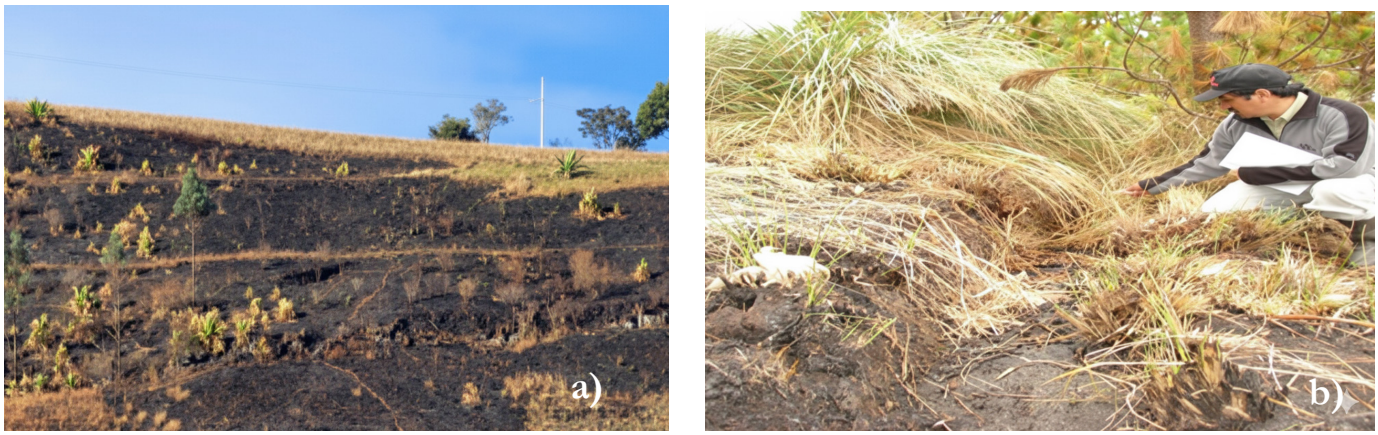
Tabla 13.
Técnicas del ataque indirecto para el control de incendios

Objetivo	Procedimiento
Eliminación del combustible	Apertura de fajas cortafuegos en forma manual y mecanizadas.
Disminución de la capacidad de arder del combustible	Uso de agua, retardantes, oxidantes
Reducción de la inflamabilidad del combustible	Aplicación de agua, retardantes u oxidantes.

5.3.4 Fajas cortafuegos

Son tratamientos lineales que generalmente se construyen sobre caminos, cauces o aprovechando barreras naturales. Su objetivo principal es evitar que las chispas (pavesas) provoquen focos secundarios. Requieren mantenimiento permanente para asegurar su eficiencia (Figura 40).

Figura 40.
Ejemplos fajas cortafuegos



Factores a considerar en el diseño de las fajas cortafuegos

El diseño técnico de las fajas cortafuegos debe responder a un análisis detallado del comportamiento del fuego en el entorno forestal, considerando tanto las características del terreno como los elementos combustibles presentes. Estos factores determinan la eficacia de las fajas en la contención y desviación del avance del incendio.

- **Características del combustible forestal**

Se entiende como combustible forestal a todo material vegetal presente en el ecosistema susceptible de arder. Este puede incluir hojarasca, ramas secas, troncos caídos, arbustos y árboles vivos o muertos. La característica clave para el diseño de las fajas es la cantidad y distribución del combustible.

La cantidad de combustible se mide por su carga o peso seco por unidad de superficie (kg/m² o t/ha).

A mayor cantidad de combustible disponible, mayor será la intensidad del fuego, lo que exige fajas más anchas y defensas más robustas.

Para estimar la intensidad calórica del fuego, se utiliza la siguiente fórmula: I = K x C x V Donde:

I= Intensidad lineal del fuego

K= Calor de combustión (Aprox. 4.500 Kcal/k)

C= Carga de combustible consumido

V= Velocidad de propagación

- **Pendiente del terreno**

La pendiente influye directamente en la velocidad de propagación del fuego:

  - En pendientes superiores al 30%, el fuego avanza más rápido cuesta arriba debido al presecado es procesado del combustible por la radiación del frente de llamas.
  - En estos casos, se recomienda aumentar el ancho de la faja para compensar el aumento de intensidad del fuego.

- **Continuidad del combustible**

Se refiere a la disposición horizontal de la vegetación:

  - Continuidad horizontal uniforme: el combustible está distribuido de forma constante, lo que facilita la propagación del fuego.
  - Continuidad horizontal no uniforme: presenta discontinuidades (caminos, rocas, áreas húmedas) que dificultan el avance del fuego.

El diseño de la faja debe contemplar estas características para ubicarla en zonas donde la continuidad del combustible permita mayor efectividad.

- **Inflamabilidad de las especies vegetales**

La composición florística del bosque afecta el comportamiento del fuego. Algunas especies presentan alta inflamabilidad debido a su contenido de resinas, aceites esenciales o estructuras fácilmente combustibles, como:

  - Coníferas (pinos, cipreses): alta inflamabilidad.
  - Matorrales resiníferos: combustión rápida.
  - Bosques húmedos de hoja ancha: menor riesgo, pero con materiales finos peligrosos en época seca.

La presencia de especies de rápida ignición justifica la ampliación del ancho de la faja cortafuego.

- **Condiciones climáticas locales**

El diseño debe considerar variables meteorológicas que influyen directamente en la propagación del fuego:

  - Velocidad y dirección del viento: determina el sentido del fuego y la distancia a la

que se pueden proyectar pavesas.

- Temperatura del aire y humedad relativa: condiciones extremas favorecen el encendido y la combustión rápida.
- Índice meteorológico de peligro de incendios: debe ser consultado durante el diseño y ejecución de la faja.

- **Sector del incendio que se desea controlar**

El diseño de la faja debe variar en función de la parte del incendio que se busca intervenir:

- Cabeza del incendio: requiere fajas más anchas y robustas, debido a la mayor intensidad de las llamas.
- Flancos: pueden controlarse con fajas de menor ancho.
- Retaguardia: donde la intensidad es baja, el diseño puede ser más simple y económico.

Planificación de las Fajas Cortafuegos

La planificación de las fajas cortafuegos debe integrarse en un plan general de defensa contra incendios forestales, considerando criterios técnicos, ecológicos y logísticos. Este diseño debe ser independiente del régimen de propiedad del terreno (público o privado), priorizando la protección de la vida, la infraestructura y los ecosistemas.

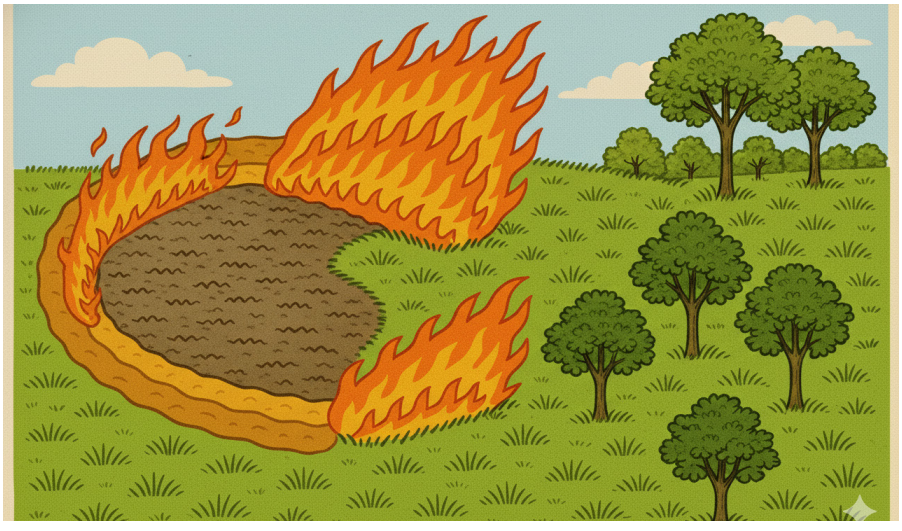
Para que una línea de defensa cumpla su función de contención y protección, debe seguir criterios técnicos específicos relacionados con su ubicación, orientación, anclaje y adaptabilidad a la topografía.

A continuación, se presentan las principales consideraciones a tener en cuenta:

- **Ubicación próxima al incendio**

Siempre que las condiciones lo permitan, la faja cortafuegos debe ubicarse lo más cercana posible al frente activo del incendio, sin comprometer la seguridad del personal. Esto permite limitar el avance del fuego con mayor eficacia, utilizando una menor superficie de terreno.

Figura 41.
Diseño de línea de defensa próxima al borde del incendio

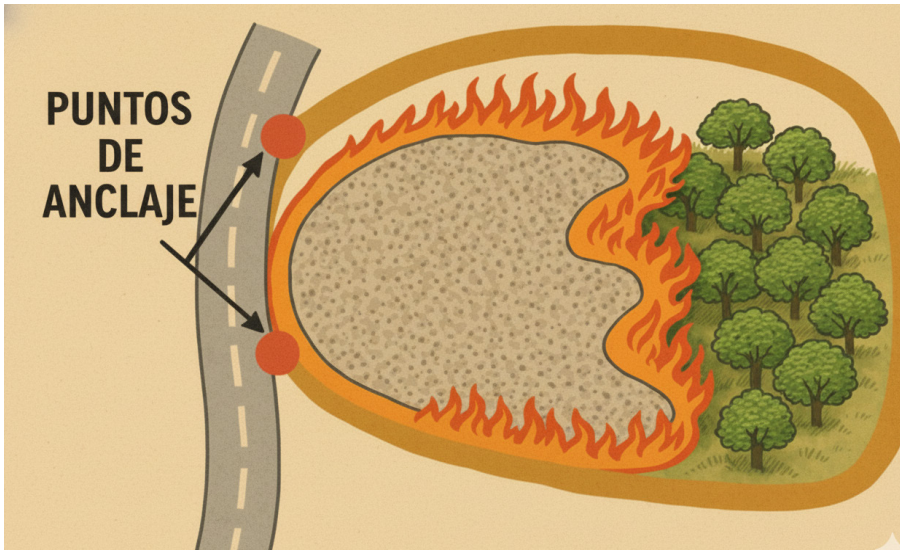


Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

- **Anclaje en puntos naturales o artificiales**

Es recomendable anclar las líneas de defensa en estructuras sólidas y estables que no puedan ser superadas fácilmente por el fuego. Estas pueden ser elementos naturales (rocas, ríos) o construidos (carreteras,caminos forestales, cortafuegos antiguos).

Figura 42.
Anclaje de líneas de defensa en elementos naturales o estructurales

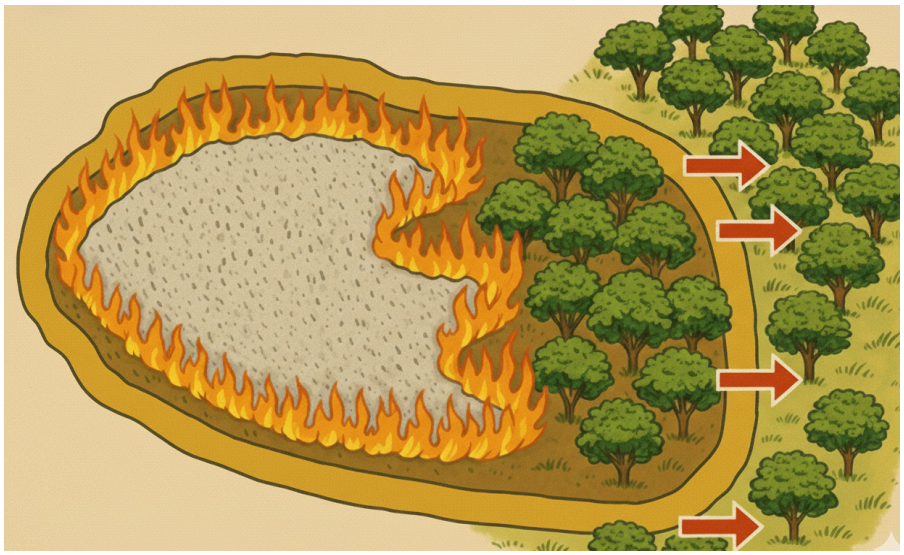


Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

- **Ubicación segura en incendios de rápida propagación**

En situaciones donde el fuego avanza rápidamente, la seguridad del personal es prioritaria. En estos casos, la línea de defensa debe establecerse a una distancia prudente de la cabeza del incendio, incluso si esto implica dejar que se queme una mayor superficie.

Figura 43.
Establecimiento de líneas de defensa a distancia segura del incendio



Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

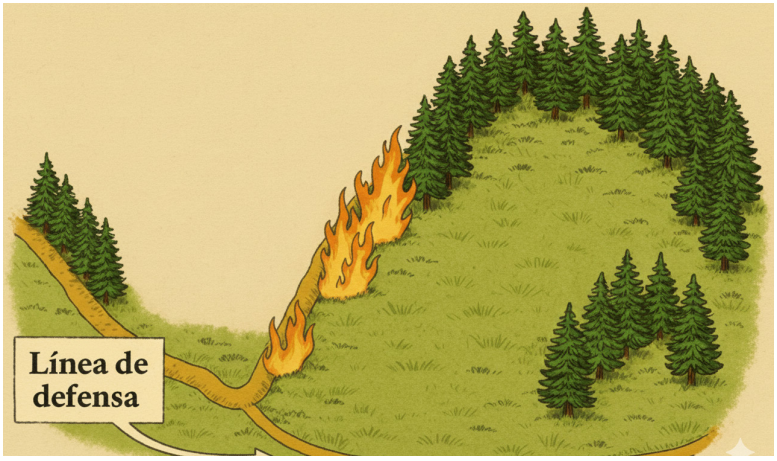
- **Sentido de construcción**

La línea debe construirse en dirección opuesta al avance del incendio, es decir, desde la zona segura hacia el frente activo, para evitar que el fuego alcance a los operadores durante la ejecución de la obra.

- **Ubicación en fondos de drenaje**

Si se requiere establecer una línea de defensa en un drenaje, es preferible situarla en el lado opuesto al avance del fuego, lo cual mejora la seguridad y evita que el fuego se canalice por el cauce.

Figura 44.
Posicionamiento estratégico de líneas de defensa en drenajes

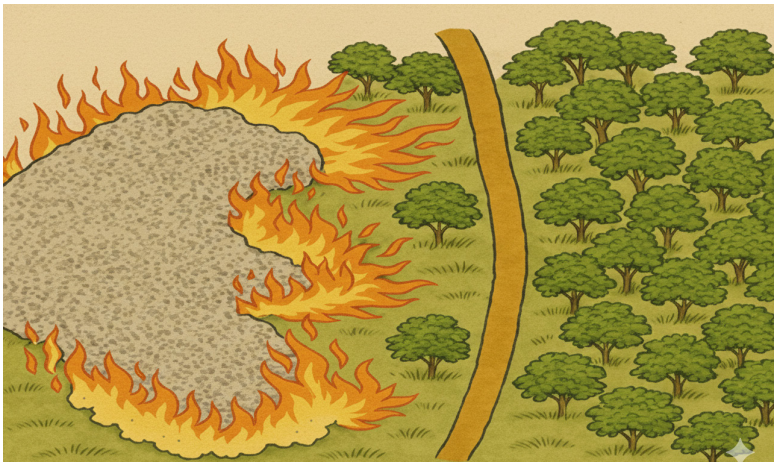


Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

- **Diseño corto y recto**

Las líneas de defensa deben diseñarse lo más rectas y cortas posible, minimizando curvas y rodeos. Este diseño facilita el trabajo operativo y reduce los puntos vulnerables al paso del fuego. La orientación debe considerar especialmente la dirección del viento.

Figura 45.
Optimización del diseño: líneas rectas y funcionales

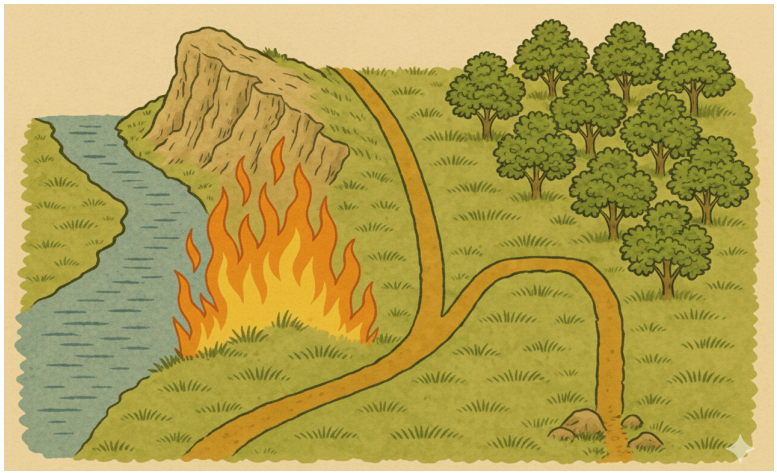


Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

- **Aprovechamiento de barreras naturales**

La ubicación de la faja debe aprovechar elementos del paisaje que actúen como barreras físicas naturales al fuego, como cuerpos de agua, cortados rocosos, caminos, pastizales húmedos, entre otros.

Figura 46.
Integración de barreras naturales al trazado de líneas de defensa

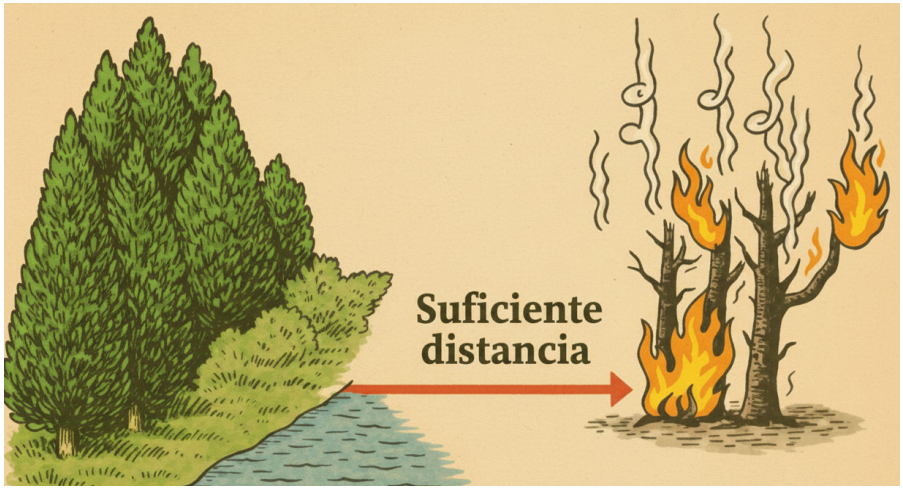


Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

- **Distanciamiento de árboles en combustión**

Las líneas deben ubicarse a cierta distancia de árboles o estructuras en combustión, evitando que, al colapsar, estas proyecten brasas o fragmentos incandescentes sobre la zona protegida.

Figura 47.
Distanciamiento estratégico de árboles en combustión para evitar proyección



Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

- **Construcción con avance programado**

Durante la construcción de líneas de defensa, es fundamental avanzar de forma organizada y segura, especialmente en incendios activos. El método más eficiente es realizar tramos consecutivos (tares) cada pocos metros, permitiendo descansos, inspecciones de seguridad y puntos de escape en caso de emergencia.

Figura 48.
Avance programado en la construcción de líneas de defensa

Ancho Recomendado para las Fajas Cortafuegos

El ancho de una faja cortafuegos debe definirse en función de variables topográficas, estructurales y del tipo de vegetación presente. La anchura mínima debe garantizar la interrupción de la continuidad del combustible para evitar que el fuego la sobrepase por conducción o proyección de pavesas. En condiciones adversas, como pendientes pronunciadas o vegetación densa, estas dimensiones deben incrementarse.

- **Dimensiones según el relieve**

La Tabla 14 presenta los valores de ancho mínimo sugeridos para fajas cortafuegos en función de las características del terreno:

Tabla 14.
Ancho recomendado de fajas cortafuegos en función del relieve

Condición del relieve	Ancho mínimo (m)
Pendientes mayores al 50 %	60
Valles con pendientes entre 20 % y 50 %	80
Pendientes suaves (menores al 20 %)	60–100
Valles abiertos	100
Depresiones estrechas	150

- **Ajuste del ancho según la vegetación**

Además del relieve, el ancho también debe ajustarse considerando la altura y densidad de la vegetación circundante. Hernández et al. (1997) proponen una metodología práctica basada en la relación entre el ancho de la pista o vía y la altura media del matorral o arbolado adyacente:

- Matorral denso: se debe talar a cada lado un ancho de cuatro veces la altura media del matorral, con un mínimo de 8 metros.
- Matorral ligero: se debe talar un ancho equivalente a dos veces la altura media del matorral, con un mínimo de 4 metros.
- Bosque secundario con matorral espeso: se debe talar un ancho de cuatro veces la altura del matorral a cada lado de la pista.
- Pistas en laderas: si la vía sube por una media ladera, se recomienda talar tres veces la altura del matorral a cada lado; si baja, debe talarse seis veces.

Nota: Estas dimensiones deben ajustarse según las condiciones específicas del sitio, especialmente si existen factores limitantes como fuertes pendientes, vientos constantes o alta inflamabilidad del combustible.

5.3.5 Acciones de Liquidación del Incendio

La liquidación es la fase posterior al control del incendio en la que se busca la eliminación total de focos activos, brasas y puntos calientes que puedan provocar una reignición. Es una etapa técnicamente compleja, que requiere personal capacitado y extremo cuidado en su ejecución.

Figura 49.
Aplicación de acciones de liquidación tras el control del incendio

Fuente.
Generada por IA (OpenAI, 2025)

La liquidación debe iniciarse de inmediato cuando se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- El incendio ha sido controlado operativamente. o Persisten materiales encendidos o humeantes próximos a la línea de control.
- Se detectan combustibles próximos que podrían prenderse por conducción térmica.
- Se observan pequeños focos de fuego encendidos dentro del área afectada.

Para garantizar una liquidación segura y completa, se deben aplicar los siguientes procedimientos:

- Verificar la funcionalidad de zanjas y drenajes.
- Desenterrar raíces encendidas y remover materia orgánica subterránea que aún conserve calor.
- Asegurar que los troncos caídos no emitan brasas o estén a punto de prenderse. o Evaluar los árboles muertos en pie y derribarlos si representan riesgo de caída o proyección de chispas.
- Establecer rutas de escape y zonas de seguridad, identificadas y accesibles en caso de emergencia.
- Identificar zonas con acumulación de insectos voladores ("mosquitos"), ya que indican calor residual.
- Acomodar troncos y ramas para evitar que rueden o colapsen sobre zonas apagadas
- Cubrir brasas con tierra, y luego aplicar agua para extinguir el calor remanente. o Raspar y humedecer la superficie de los troncos aún calientes. o Extinguir cualquier fuego visible en áreas reducidas o aisladas.
- Dispersar manualmente los combustibles encendidos para evitar acumulaciones de calor.

Figura 50

Revisión final y verificación de seguridad durante la liquidación

Fuente. *Generada por IA (OpenAI, 2025)*

5.4 Quemas Prescritas o Quemas Controladas

Según Urrutia-Hernández et al. (2013), "la quema prescrita es una técnica de gestión rentable para limitar la carga de combustible y evitar grandes incendios" (pp. 32, 43). Esta técnica, también conocida como quema controlada, consiste en el uso planificado del fuego bajo condiciones ambientales y operativas seguras, con el objetivo de reducir el riesgo de incendios forestales de gran magnitud, mejorar pastizales o facilitar el cambio de uso del suelo.

En Colombia, se conoce una práctica similar como “tapao”, que implica la siembra de semillas en zonas previamente quemadas de manera intencionada y controlada.

Las quemas controladas son una herramienta técnica, económica y eficaz para el manejo de dehesas, ya que el fuego puede reducir acumulaciones de material combustible, controlar la densidad de especies leñosas y fomentar el rebrote de vegetación útil, como pastos tiernos nutritivos para el ganado.

Entre los principales beneficios de una quema prescrita adecuadamente planificada, se encuentran:

- Reducción de material forestal disponible (hojarasca, ramas secas, residuos de corta).
- Habilitación de áreas para siembra y plantación.
- Mejora del hábitat de la fauna silvestre.
- Control de especies invasoras y vegetación indeseada.
- Reducción de poblaciones de insectos y enfermedades.
- Mejora en la estética del paisaje y sus usos recreativos.
- Optimización del pastoreo y disponibilidad de forraje.
- Conservación y recuperación de especies en peligro.

El uso del fuego, cuando es planificado y ejecutado con criterios técnicos, es una de las alternativas más eficaces para la prevención de incendios forestales. Su implementación depende del conocimiento detallado del comportamiento del fuego —en especial la velocidad de propagación y la intensidad calórica—, las cuales están determinadas por las condiciones ambientales del sitio. Esto evidencia que no todos los incendios son necesariamente nocivos para los ecosistemas forestales, incluso cuando ocurren de manera natural.

5.4.1 Importancia de las Quemas Prescritas

Una de las principales preocupaciones asociadas al uso del fuego es el posible aumento de la erosión y la pérdida de nutrientes por volatilización. No obstante, estas consecuencias pueden evitarse mediante quemas de baja o moderada intensidad, realizadas preferentemente al inicio de la temporada de lluvias, cuando las condiciones ambientales lo permitan.

Las quemas prescritas pueden incorporarse en programas de conservación como métodos complementarios, siempre que estén técnicamente justificadas.

5.4.2 Modalidades de quema controlada

Las quemas prescritas pueden clasificarse en tres modalidades principales:

- Quema de vegetación herbácea: útil para renovar pastizales y reducir biomasa seca.
- Quema de matorral o monte bajo: para controlar especies invasoras o competencia vegetal.
- Quema bajo arbolado: aplicación de fuego en áreas boscosas sin afectar el dosel.

5.4.3 Pastoreo controlado

El pastoreo dirigido es una estrategia eficaz para reducir la acumulación de combustibles finos y limitar el crecimiento de especies leñosas. Para su implementación adecuada, deben considerarse:

- El tipo de ganado más adecuado según la vegetación objetivo.
- La carga ganadera óptima, evitando el sobrepastoreo.

5.4.4 Manejo de Combustibles Forestales

De acuerdo con Larrañaga et al. (2005), existen cuatro grandes estrategias para el manejo de combustibles forestales:

Eliminación

Eliminación del combustible presente o limitación de su crecimiento. Se asocia con el uso de quemas prescritas, manejo silvopastoril y productos retardantes del crecimiento.

- **Reordenación**

Consiste en modificar la estructura de la vegetación para disminuir su continuidad vertical y horizontal, mediante técnicas como podas y raleos.

- **Traslado**

Consiste en trasladar los combustibles forestales fuera del área de riesgo para su aprovechamiento (leña, carbón, forraje).

- **Conversión**

Se refiere al cambio de especies de alta combustibilidad (como coníferas) por otras de menor inflamabilidad (latifoliadas u otras especies adaptadas). Esta técnica busca modificar la composición florística para disminuir el riesgo estructural del ecosistema.

5.4.5 Métodos Alternativos a las Quemas Prescritas

Los métodos alternativos a las quemas prescritas pueden clasificarse en distintas categorías técnicas, según su enfoque y aplicación específica (Larrañaga Otxoa et al., 2005; Martínez Ruiz, 2001)

- **Trituración**

Consiste en reducir el volumen del combustible vegetal mediante maquinaria (tractores con trituradoras o astilladoras), facilitando su descomposición natural.

- **Productos químicos**

Utilizados para provocar la muerte selectiva de ciertas plantas. No reducen el volumen de combustible y deben combinarse con otros métodos. No se recomienda su uso por su impacto ambiental y baja aceptación social.

- **Cinturones verdes**

Establecimiento de franjas vegetales con especies poco inflamables que funcionen como barreras vivas contra el fuego, especialmente en plantaciones de coníferas.

- **Modificación de la vegetación**

Introducción o promoción de especies de menor biomasa o inflamabilidad, desplazando el matorral leñoso dominante.

- **Cortafuegos**

Construcción de franjas libres de material vegetal inflamable, que también pueden servir como vías de acceso y defensa en caso de emergencia.

- **Manejo silvopastoril**

Uso del ganado para consumir vegetación baja, como pastos o arbustos, manteniendo la acumulación de biomasa bajo control.

- **Retardantes del crecimiento**

Aplicación de productos químicos que inhiben el crecimiento de vegetación inflamable. Son recomendables en bordes de caminos, ferrovías o líneas eléctricas.

- **Extracción de material combustible**

Consiste en recolectar y retirar residuos forestales (troncos, ramas) para ser utilizados como biomasa energética u otros fines.

5.4.6 Tipologías Técnicas de Quemas Prescritas

Según Martínez Ruiz (2001), se identifican diversas variantes operativas de quemas controladas, que se adaptan a distintas situaciones y objetivos de manejo:

- **Quemas al barrer**

Se aplican sobre superficies delimitadas sin redistribuir los residuos. En grandes extensiones, se divide el terreno en parcelas menores para reducir riesgos.

- **Quemas parciales**

Aplicadas en zonas de alta vulnerabilidad, donde se busca eliminar combustible acumulado para proteger áreas sensibles ante incendios activos.

- **Quemas progresivas**

Consisten en amontonar y quemar residuos en el mismo momento de su acumulación. Este método es eficaz incluso con material húmedo, y su principal ventaja es la reducción del riesgo de propagación espontánea.

- **Quema bajo dosel**

Aplicada en bosques, especialmente de coníferas, donde se reduce el combustible superficial sin afectar el estrato superior. Previene incendios de copa y facilita la regeneración.

5.5 Normas de Seguridad para el Manejo del Fuego y el Control de Incendios Forestales

La prevención de accidentes y la protección de la integridad física y mental del personal involucrado en actividades forestales son pilares fundamentales de cualquier estrategia de gestión de incendios. Trujillo (2014) sostiene que "la prevención de accidentes de trabajo y el control de los riesgos que en el ámbito laboral puedan ocasionar daño al bienestar de los trabajadores, se ha convertido hoy en una de las mayores ventajas competitivas de las grandes empresas en el ámbito mundial" (p. 128). Esta afirmación enfatiza que la seguridad laboral no es solo una obligación ética y legal, sino también un componente estratégico en la eficiencia y sostenibilidad institucional.

Por lo tanto, la seguridad ocupacional debe ser una preocupación constante de estudiantes, profesionales, brigadistas, técnicos, empresarios y trabajadores del sector forestal.

Proteger al ser humano y su entorno no solo salva vidas, sino que fortalece las capacidades organizacionales, garantiza la continuidad operativa y mejora la percepción pública de las instituciones.

5.5.1 Recomendaciones Generales para una Cultura de Seguridad

La seguridad comienza con la planificación y el uso adecuado de los recursos disponibles. No basta con tener acceso al mejor equipo si este no cuenta con mantenimiento, si el personal no ha sido capacitado para usarlo, o si las decisiones se toman sin considerar las condiciones del entorno.

Se recomienda que:

- El equipo sea seguro, certificado, rápido en su acción, de buena calidad y mantenido adecuadamente.

Todo el personal operativo esté entrenado para manipular correctamente cada herramienta asignada.

- Se promueva una cultura organizacional donde la seguridad sea vista como parte integral del desempeño profesional.

5.5.2 Prevención de Incendios Forestales

La prevención se sustenta en el cumplimiento riguroso de protocolos establecidos, el respeto por las normas legales vigentes y la conciencia del riesgo que representa el uso del fuego en entornos forestales. Esto aplica tanto para usuarios directos del territorio como para visitantes y comunidades aledañas.

- **Medidas preventivas generales:**
  - No realizar quemas sin contar con autorización formal (quemas prescritas). o Delimitar el área de influencia con líneas cortafuegos bien construidas. o Controlar los frentes de fuego desde las zonas de menor pendiente.
  - Verificar condiciones atmosféricas (viento, humedad, temperatura) antes de cualquier quema.
  - Implementar normas claras para fumadores dentro de zonas boscosas.
- **Para la quema de residuos forestales:**
  - Obtener autorización previa de la autoridad competente. o Asignar personal de vigilancia durante toda la operación.
  - Cumplir las normas de seguridad asociadas al aprovechamiento forestal.
  - Evitar el almacenamiento de materiales inflamables en caminos o cortafuegos.
- **Para excursionistas y campistas:**
  - El riesgo de incendios también se origina por negligencia en actividades recreativas.

Por ello, es indispensable que los visitantes sigan estas recomendaciones:

- Instalar campamentos en áreas designadas o en claros del bosque. o Apagar completamente cualquier fogata antes de abandonar el lugar. o Disponer de agua extra o extintores portátiles.
- No abandonar botellas ni vidrios que puedan actuar como lupa bajo el sol.

5.5.3 Acciones en Caso de Ser Atrapado por el Fuego

En situaciones extremas, donde no es posible huir o acceder a un refugio antifuego, es necesario mantener la calma y actuar con base en protocolos de supervivencia:

- Nunca intentar escapar hacia arriba por una ladera; buscar los flancos del incendio.
- Proteger las vías respiratorias, pues la inhalación de gases calientes es letal. "Investigaciones médicas han demostrado que el daño en el sistema respiratorio por inhalar gases calientes puede producir la muerte" (Reichard & Jackson, 2010).
- Acostarse en el suelo, con la cara hacia abajo, protegiendo nariz y boca.
- Buscar protección en rocas, huecos naturales o pozos hasta que el fuego haya pasado.

5.5.4 Seguridad Durante el Combate del Incendio

El trabajo en el frente de fuego implica riesgos diversos, por lo que debe ser abordado con una estricta disciplina operativa y capacidad de adaptación. Estas recomendaciones buscan reducir la vulnerabilidad del personal ante un entorno cambiante y peligroso.

- **Principios operativos:**
  - Mantenerse constantemente informado sobre el clima y sus variaciones. o Tomar decisiones en función del comportamiento actual y proyectado del incendio. o Establecer y comunicar rutas de escape.
  - Contar con un puesto de observación que informe sobre el avance del fuego. o Promover una comunicación clara entre el jefe de brigada y el personal en campo. o Entregar instrucciones precisas y mantener la moral alta.
  - Combatir el fuego con agresividad táctica, pero siempre priorizando la seguridad personal.
- **Situaciones de riesgo frecuentes:**
  - Desconocimiento del área de trabajo o falta de reconocimiento previo. o Ausencia de rutas de escape o zonas seguras identificadas. o Ignorancia de factores topográficos y meteorológicos locales.
  - Uso de estrategias incorrectas o mal comprendidas. o Deficiente comunicación de órdenes.
  - Presencia de combustible no quemado o altamente inflamable en la línea de control.
  - Construcción de líneas sin anclaje o en sentido descendente.
  - Enfrentar el fuego de frente en lugar de por los flancos. o Baja visibilidad y deficiente comunicación entre cuadrillas.
  - Cambios abruptos en la dirección del viento.
  - Condiciones del terreno que dificultan el acceso a zonas seguras.

5.5.5 Seguridad en el Uso de Equipos y Maquinaria

El uso de maquinaria pesada y herramientas motorizadas incrementa la productividad, pero también eleva los riesgos si no se toman precauciones adecuadas, las consideraciones generales serían

- **Consideraciones generales:**
  - Verificar que todo el personal se encuentre en buen estado físico y cuente con el equipo de protección individual (EPI).
  - Vigilar el cumplimiento de protocolos de seguridad.
  - Contar con acceso a primeros auxilios en todo momento.
  - Evitar que el personal quede aislado o fuera de contacto. o Solicitar relevos oportunos para evitar fatiga operativa. o Estar alerta ante el surgimiento de nuevos focos de fuego.
- **Uso de tractores:**
  - Nunca permitir que la cuadrilla trabaje frente o detrás del tractor en movimiento.
  - Solo el operador autorizado debe subir al tractor.
  - Evitar operar en zonas con pendientes pronunciadas.
  - Coordinar señales manuales claras entre operadores y brigadistas.
- **Uso de motosierras:**
  - Evaluar previamente el área de corte para evitar daños estructurales. o Usar protección ocular, auditiva y para piernas.
  - Mantener la motosierra en condiciones óptimas.
  - Transportar la herramienta a más de tres metros de cualquier persona.
  - Colocar la hoja hacia abajo cuando se está en descanso.
  - Instruir a operadores inexpertos antes de su uso.
- **Contrafuegos:**
  - Solo personal con experiencia debe ejecutarlos. o El uso de equipo de protección es obligatorio.

5.5.6 Seguridad en el Transporte y Áreas de Descanso

El traslado del personal debe cumplir normas básicas que garanticen la integridad física:

- Utilizar vehículos seguros y en buen estado.
- Prohibir que pasajeros saquen brazos, cabeza o piernas fuera del vehículo.
- No transportar herramientas sueltas sin asegurar.
- En las áreas de descanso:
- Seleccionar zonas alejadas de caminos o puntos de paso de maquinaria.
- Verificar estabilidad del terreno y condiciones seguras.

5.5.7 Selección del Personal de Combate

El éxito de una operación de combate está directamente relacionado con la capacidad física y psicológica del personal seleccionado:

- La edad ideal se sitúa entre los 18 y 55 años.
- Evitar incluir personas con condiciones cardiopulmonares o en estado físico deficiente.
- Preferir individuos acostumbrados a caminar en ambientes boscosos y con buena resistencia.
- Fomentar una alimentación nutritiva y asegurar hidratación constante.

5.6 Uso y mantenimiento de las herramientas de combate

Las herramientas manuales desempeñan un papel fundamental en las labores de prevención, control y extinción de incendios forestales. Su diseño debe responder a principios técnicos que garanticen funcionalidad, durabilidad y eficiencia en campo. A continuación, se presentan las características esenciales que deben reunir estas herramientas para su uso en condiciones adversas:

- **Eficiencia**

Deben maximizar su rendimiento con el menor esfuerzo físico posible. Una herramienta eficiente permite realizar más trabajo con menos energía, reduciendo la fatiga del combatiente.

- **Versatilidad**

Es recomendable que cada herramienta cumpla múltiples funciones. Esta cualidad permite al usuario responder a diversas situaciones operativas sin necesidad de portar un equipo adicional.

- **Portabilidad**

El equipo debe ser liviano, ergonómico y de fácil transporte. Dado que los combatientes deben recorrer terrenos irregulares o con pendientes pronunciadas, las herramientas no deben entorpecer el desplazamiento ni comprometer la seguridad.

- **Durabilidad**

Las herramientas deben ser resistentes a impactos, altas temperaturas y uso intensivo. Su integridad estructural es crucial para garantizar su operatividad en los momentos más críticos del combate.

- **Simplicidad**

El diseño debe priorizar la facilidad de uso. La herramienta debe ser intuitiva, con un mínimo de partes móviles, ya que el personal de campo no necesariamente cuenta con formación técnica en reparación o mantenimiento avanzado.

- **Mantenimiento y reemplazo**

Las uniones y componentes clave deben poder desmontarse fácilmente. En muchas zonas rurales, la disponibilidad de repuestos es limitada, por lo que la herramienta debe permitir su reparación con recursos básicos.

- **Estandarización**

El uso de herramientas comunes entre instituciones y brigadas facilita la capacitación, el intercambio de piezas y la operatividad conjunta durante emergencias. La estandarización también reduce costos operativos a largo plazo.

- **Rentabilidad**

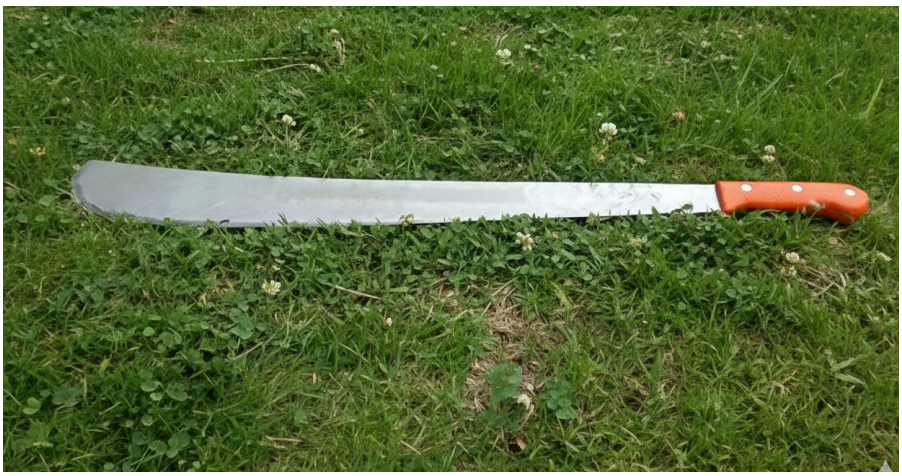
Aunque la inversión inicial pueda ser elevada, es crucial priorizar herramientas con una buena relación costo-beneficio. La durabilidad y eficiencia en el combate justifican el gasto, al minimizar el tiempo de exposición al fuego y reducir los daños potenciales al ecosistema.

5.6.1 Descripción de herramientas de primer ataque

- **Machete**

Herramienta versátil de hoja metálica con mango de madera o plástico, ampliamente utilizada en actividades forestales, agrícolas y ganaderas. En el contexto de incendios forestales, se emplea para abrir brechas, limpiar líneas de defensa y realizar labores de liquidación.

Figura 51.
Machete



- **Hacha**

Instrumento de doble filo con mango de madera, empleado principalmente para cortar troncos y ramas. Existen variantes para tumbar y para partir; en incendios forestales se prefiere la segunda. Se utiliza tanto en el primer ataque como en la consolidación de líneas de defensa.

Figura 52.
Hacha de corte

- **Azada o azadón**

Conformada por una lámina metálica cortante y un mango largo. Es útil para cavar, raspar vegetación hasta llegar al suelo mineral, cortar raíces superficiales y lanzar tierra sobre las llamas. Puede encontrarse en versiones de hierro o madera.

Figura 53.
Azada o azadón

- **Chicote o matafuego**

Fabricado con tiras de manguera ignífuga y mango de madera, es eficaz en el primer ataque para sofocar llamas iniciales. Su diseño permite su uso en diversos tipos de suelos. Existen versiones de distintas longitudes.

Figura 54.
Chicote o matafuego

- **Pulaski**

Herramienta combinada con hoja de hacha y pico, ideal para corte, excavación y remoción de material combustible. Se emplea en ataques directos e indirectos, quemas prescritas y control de focos secundarios. Es una de las más utilizadas por su doble funcionalidad.

Figura 55.
Pulaski

- **Rastrillo McLeod**

Diseñado con una hoja metálica dentada y una cara de filo plano. Se usa en la apertura y ampliación de líneas de defensa, formación de fajas cortafuegos y eliminación de pavesas. Ideal para operaciones de remate y control de quemas.

Figura 56.
Rastrillo McLeod

- **Batefuego**

Compuesto por una base de goma rectangular, se emplea para sofocar llamas al eliminar el oxígeno en contacto con el fuego. Es eficaz en frentes débiles y combustibles finos, así como en operaciones de apoyo a quemas controladas.

Figura 57.
Batefuego

- **Pala tipo forestal (Pala corazón)**

De hoja filosa y redondeada, se usa para lanzar tierra, excavar y eliminar combustible hasta alcanzar el suelo mineral. Fundamental en ataques directos, contrafuegos, y tareas de remate.

Figura 58.
Pala tipo forestal

- Rastrillo convencional

Con dientes de acero, es útil para remover material combustible liviano como hojas, acículas y mantillo forestal. Adecuado para plantaciones forestales y tareas de limpieza fina.

Figura 59.
Rastrillo

- **Rastrillo de punta triangular**

Herramienta resistente para excavar, cortar y abrir líneas de defensa. Sus dientes triangulares permiten trabajar combustibles finos y ejecutar labores de control en sectores sensibles del incendio.

Figura 60.
Rastrillo de diente triangular

- **Motosierra**

Herramienta motorizada para cortar árboles, ramas y establecer cortafuegos. Su uso debe responder a criterios técnicos y condiciones específicas del incendio. La longitud de la espada varía según necesidad.

Figura 61.
Motosierra

- **Bomba de mochila**

Equipo portátil para aplicar líquidos retardantes, espumas o detergentes. No apaga incendios directamente, pero permite enfriar el material combustible y ralentizar la propagación del fuego.

Figura 62.
Bomba de mochila

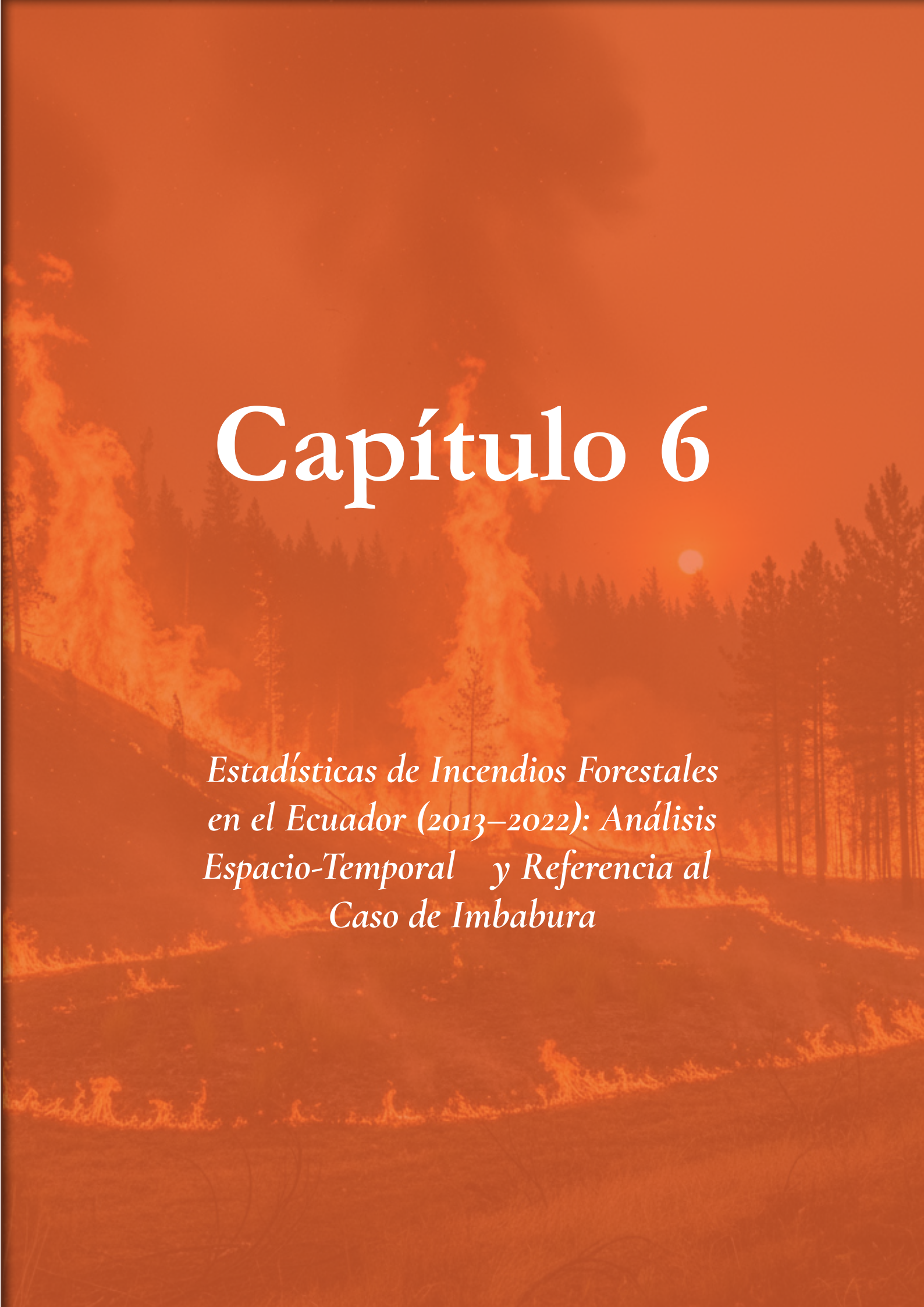
5.6.2 Los drones como aliados del medio ambiente ante los incendios forestales

En los últimos años, los drones se han consolidado como aliados estratégicos en la detección y seguimiento de incendios forestales. Su capacidad para operar en terrenos inaccesibles y transmitir información en tiempo real ha revolucionado las fases de reconocimiento y planificación del ataque.

Equipados con cámaras térmicas y ópticas, los drones permiten identificar columnas de humo, puntos calientes y la dirección de avance del fuego. Gracias a algoritmos especializados, pueden reconocer patrones de comportamiento del incendio, facilitando una respuesta más precisa y oportuna.

Investigadores del CITSEM de la Universidad Politécnica de Madrid han desarrollado software que permite detectar incendios a partir de los colores del humo, generando algoritmos que clasifican el tipo de incendio y su avance. Esto mejora significativamente los tiempos de respuesta y reduce el riesgo humano en el combate directo (Cruz et al., 2016).

Figura 63.
Dron para uso e identificación de incendios forestales



Capítulo 6

Estadísticas de Incendios Forestales en el Ecuador (2013–2022): Análisis Espacio-Temporal y Referencia al Caso de Imbabura

6.1 Introducción

El análisis estadístico y espacial de los incendios forestales constituye una herramienta fundamental para comprender la magnitud, distribución, frecuencia y tendencias de estos eventos en el territorio ecuatoriano. Durante el periodo 2013–2022, el país experimentó una creciente presión sobre sus ecosistemas forestales, provocada en gran medida por factores antrópicos, condiciones climáticas extremas y un manejo inadecuado del uso del fuego.

Este capítulo presenta un compendio de datos históricos sobre la ocurrencia de incendios forestales, basado en registros oficiales y en el procesamiento de información geoespacial proveniente de instituciones como la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) y NASA FIRMS. A través de mapas temáticos, tablas comparativas y análisis por regiones, se busca identificar patrones espacio-temporales de afectación, con énfasis en la provincia de Imbabura, considerada una de las zonas con mayor incidencia y recurrencia de incendios en el país.

El periodo evaluado comprende tanto los registros numéricos anuales como la interpretación de variables ambientales asociadas al riesgo de incendio, tales como la pendiente del terreno, la combustibilidad de la cobertura vegetal, el índice de sequía y la dirección del viento. Estas variables, tratadas mediante análisis multicriterio, permiten caracterizar el comportamiento del fuego y definir zonas de mayor susceptibilidad.

La información presentada tiene como propósito servir de base técnica para la planificación de estrategias de prevención, el diseño de políticas públicas en materia de gestión del riesgo, y la toma de decisiones por parte de las instituciones responsables del manejo y conservación de los recursos naturales. Asimismo, permite visibilizar el impacto territorial de los incendios forestales en una década marcada por eventos extremos y transformaciones aceleradas del paisaje.

6.2 Análisis nacional de incendios forestales (2013–2022)

Los mapas incluidos en este apartado permitieron visualizar la distribución espacial de los incendios forestales ocurridos en el Ecuador entre 2013 y 2022. Cada mapa se elaboró a partir del registro de puntos de calor detectados por sensores satelitales (MODIS y VIIRS), procesados por NASA FIRMS (2024) y consolidados por la Secretaría de Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR). Esta información reflejó la ocurrencia anual de incendios, sin diferenciar su causa ni su intensidad, pero con suficiente resolución para identificar patrones regionales persistentes, áreas de alta recurrencia y zonas de expansión reciente del fenómeno. A partir de estos hallazgos, fue posible caracterizar una tendencia predominante en la región interandina, así como episodios críticos asociados a sequías prolongadas y presión antrópica sobre ecosistemas de transición.

6.2.1 Ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador, año 2013

La Figura 64 presenta la distribución espacial de los incendios forestales detectados en el territorio ecuatoriano durante el año 2013. Durante este año, las provincias más afectadas por incendios forestales fueron Los Ríos, Manabí, El Oro y Loja, destacándose una alta concentración de puntos en la región costera y sur occidental del país. Se identificó un corredor de ocurrencia continua desde el litoral central hasta la frontera sur, lo que podría asociarse con actividades agropecuarias intensivas, uso de fuego para renovación de pastizales, y condiciones climáticas secas recurrentes en esta zona.

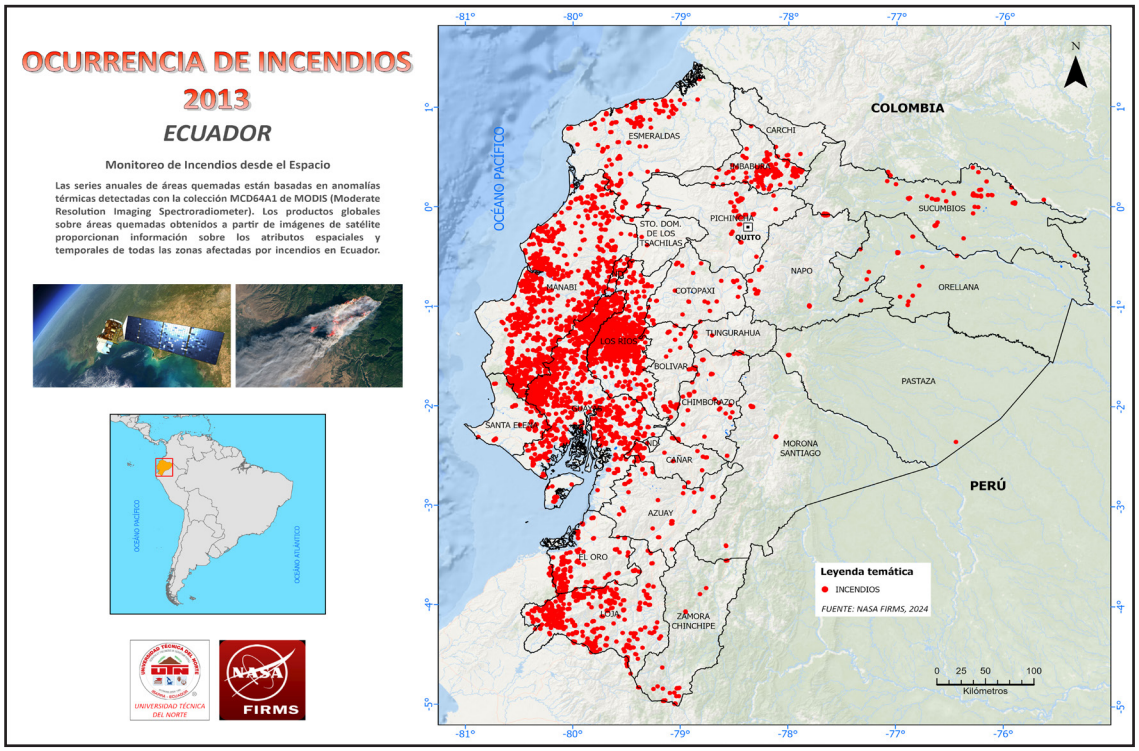


Figura 64.
Mapa de ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador (2013)

En la región andina, los focos se concentraron principalmente en Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi, mientras que en la Amazonía los eventos fueron escasos y dispersos, con presencia aislada en Sucumbíos, Pastaza y Morona Santiago. Este patrón sugiere una correlación entre la recurrencia de incendios y zonas de transición entre uso forestal y agrícola, así como posibles vulnerabilidades asociadas a la presión antrópica en ecosistemas fragmentados. Resulta relevante destacar la ausencia de eventos en áreas con precipitaciones elevadas y escasa accesibilidad, como el sureste de la Amazonía y ciertos sectores costeros húmedos, lo que refuerza la hipótesis del vínculo entre condiciones climáticas y factores antrópicos en la dinámica de incendios forestales.

6.2.2 Ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador, año 2014

La Figura 65 muestra la ocurrencia espacial de incendios forestales registrados en el Ecuador durante el año 2014. Cada punto rojo corresponde a una detección de anomalía térmica atribuible a fuego, observada mediante sensores satelitales y georreferenciada por provincia.

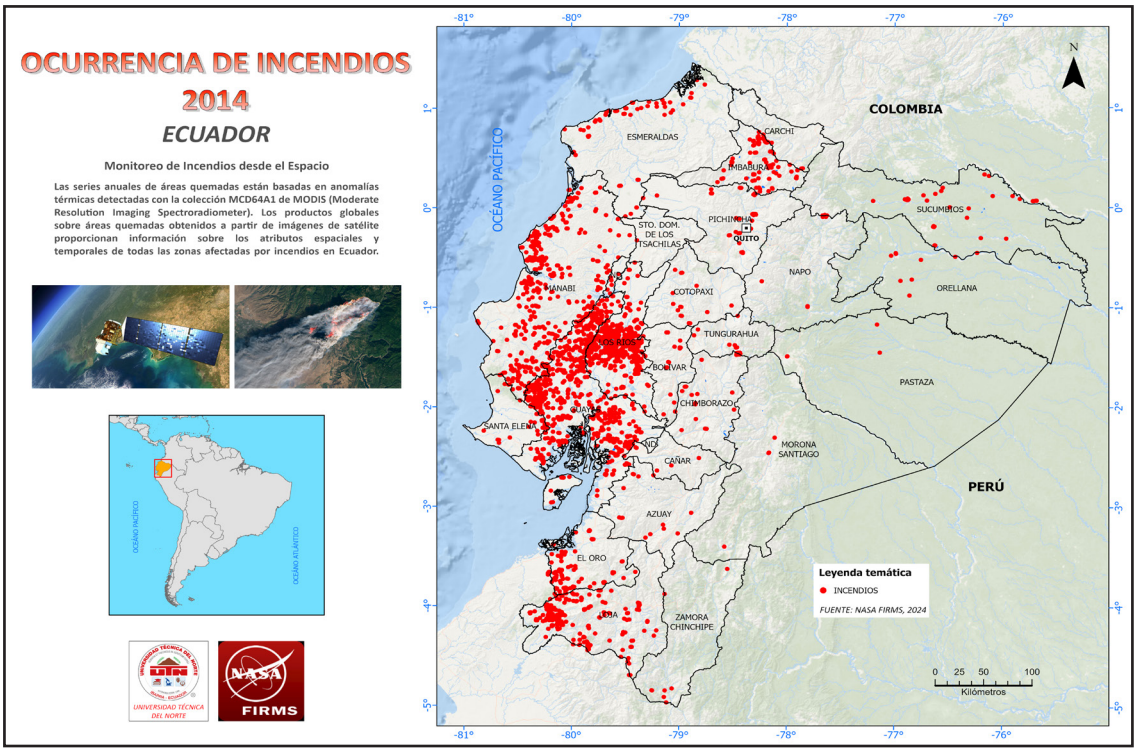


Figura 65.
Mapa de ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador (2014)

En 2014, se mantuvo una alta concentración de eventos en las provincias de Los Ríos, Manabí, Guayas y El Oro, consolidando a la región litoral centro-sur como una de las zonas más afectadas del país. En la Sierra, se registraron focos significativos en Tungurahua, Cotopaxi y Chimborazo, mientras que Imbabura y Carchi mostraron una recurrencia moderada. Destacó un incremento de puntos dispersos en la Amazonía norte, particularmente en Sucumbíos, lo que podría indicar procesos locales de transformación del uso del suelo. Este patrón confirmó la continuidad espacial de los incendios en zonas agropecuarias y de transición forestal, así como una leve expansión hacia ecosistemas más húmedos.

6.2.3 Ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador, año 2015

La Figura 66 representa la ocurrencia espacial de incendios forestales detectados en el territorio ecuatoriano durante el año 2015. Los puntos rojos indican eventos individuales distribuidos a lo largo de distintas regiones del país. El año 2015 registró una de las mayores densidades de incendios forestales del periodo analizado. Las provincias de Guayas, Los Ríos, El Oro y Manabí concentraron una proporción significativa de los eventos, destacando la costa suroccidental como una de las zonas más críticas.

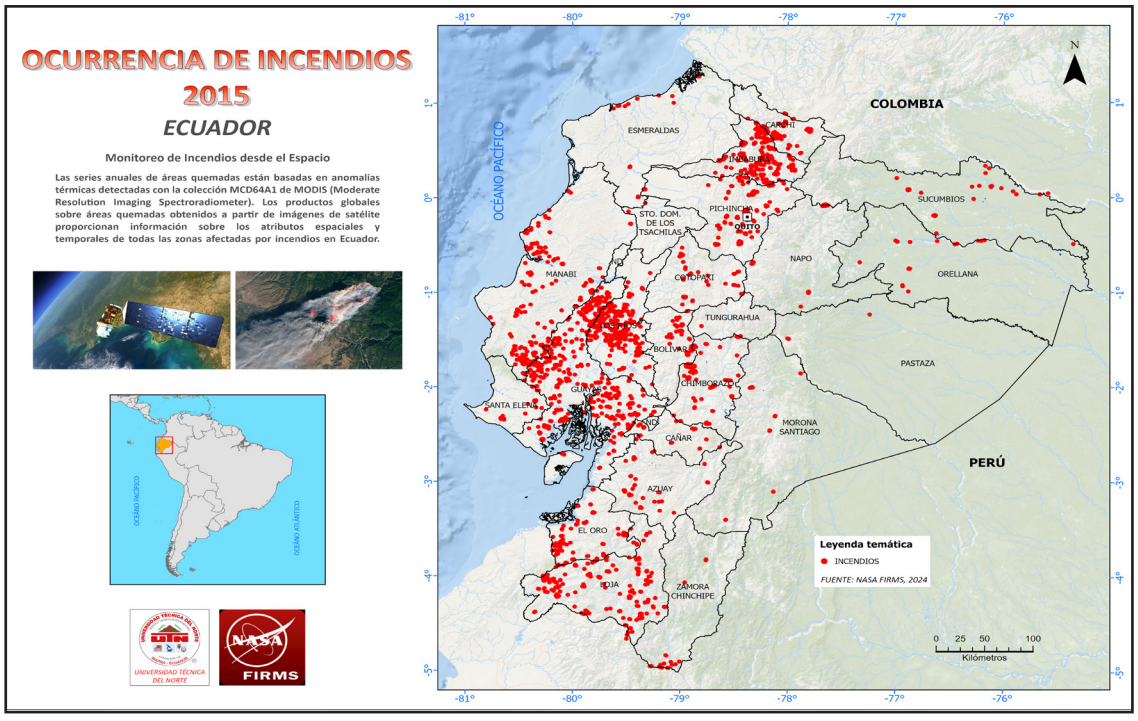


Figura 66.
Mapa de ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador (2015)

En la región andina, se observó un incremento notable en los focos de Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi y Bolívar, mientras que en el norte del país, Carchi presentó una densidad anómala de puntos de calor, particularmente intensa respecto a años previos. La Amazonía norte, especialmente Sucumbíos y Orellana, mostró una expansión de focos dispersos. Este patrón puede estar relacionado con condiciones climáticas excepcionalmente secas ese año, posiblemente vinculadas al fenómeno de El Niño, sumado a una mayor presión sobre el uso del suelo rural.

6.2.4 Ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador, año 2016

En el año 2016, la ocurrencia de incendios forestales en Ecuador mantuvo una distribución espacial similar a la observada en los años anteriores, pero con una mayor definición en algunos corredores críticos. La Figura 67 permitió identificar tanto la persistencia de focos en zonas históricamente vulnerables como la aparición de nuevos puntos en áreas de transición agrícola-forestal.

Como se observa en la Figura 67, se mantuvo una alta recurrencia de incendios en las provincias de la región litoral, destacando Los Ríos, Guayas, Manabí, El Oro y Santa Elena, con una continuidad espacial que abarcó desde el centro hasta el sur del país. En la región andina, Chimborazo, Tungurahua y Bolívar concentraron focos significativos, mientras que en Cotopaxi y Cañar los eventos fueron más dispersos. Se registró también un aumento en la densidad de puntos en Imbabura y Carchi, al norte de la Sierra. En la región amazónica, aunque los focos fueron menos numerosos, se observaron distribuciones consistentes en Sucumbíos, Orellana y Pastaza, lo que podría reflejar una gradual expansión del uso del fuego hacia zonas de frontera agrícola. Este comportamiento sugiere un uso recurrente del fuego con fines de manejo de cobertura vegetal, en un contexto de presión antrópica y rezagos climáticos del año previo.

-

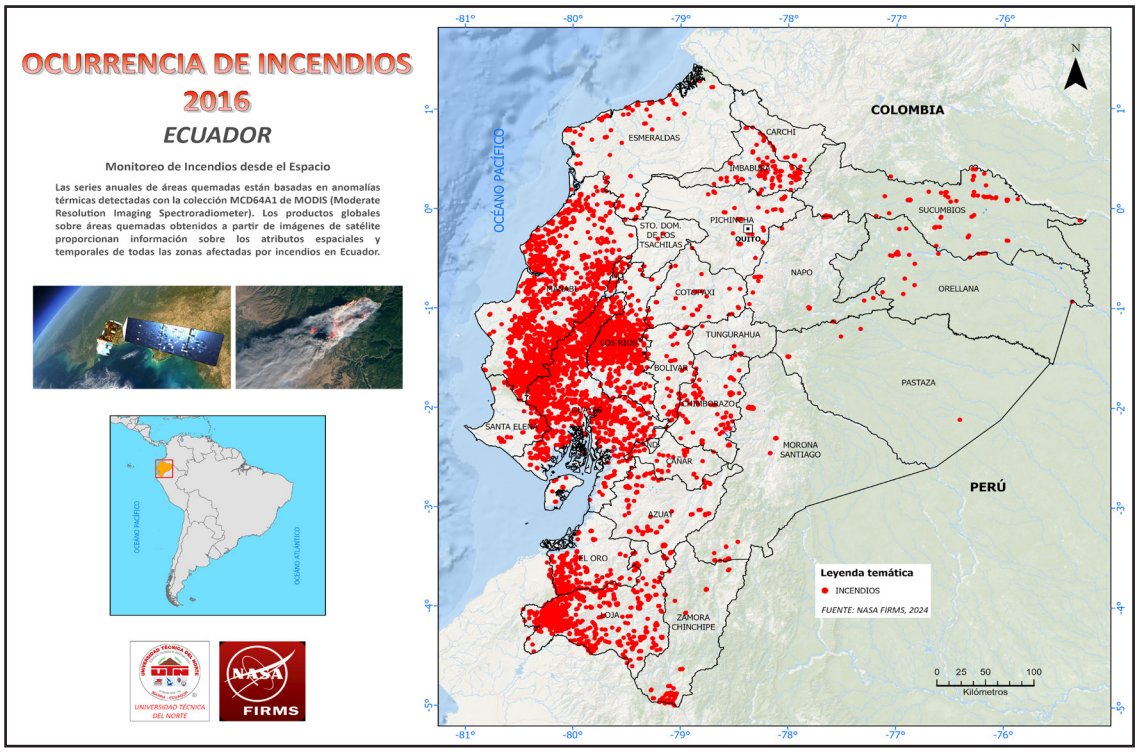


Figura 67.
Mapa de ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador (2016)

6.2.5 Ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador, año 2017

La distribución de incendios registrada en el año 2017 reflejó un patrón más fragmentado respecto a años anteriores, aunque persistieron focos significativos en las zonas costeras y andinas del país. La Figura 68 evidenció una ligera dispersión del fenómeno hacia zonas menos recurrentes durante el periodo previo.

Como se observa en la Figura 68, los incendios se concentraron nuevamente en las provincias de Los Ríos, Manabí, Guayas y El Oro, aunque con una densidad general inferior en comparación con 2015 y 2016. En la región andina, persistieron focos en Chimborazo, Tungurahua, Bolívar y Cotopaxi, manteniéndose la tendencia de ocurrencia en zonas de pendiente media y uso agropecuario. En el norte del país, se destacó Imbabura con una recurrencia notable, mientras que Carchi y Pichincha presentaron eventos más dispersos. En la Amazonía, los focos fueron moderadamente visibles en Sucumbíos, Orellana y Pastaza, sin alcanzar la densidad de los años anteriores. Este comportamiento podría explicarse por una leve disminución de la presión antrópica, condiciones climáticas más húmedas o mayores controles sobre quemas agrícolas en ciertas regiones.

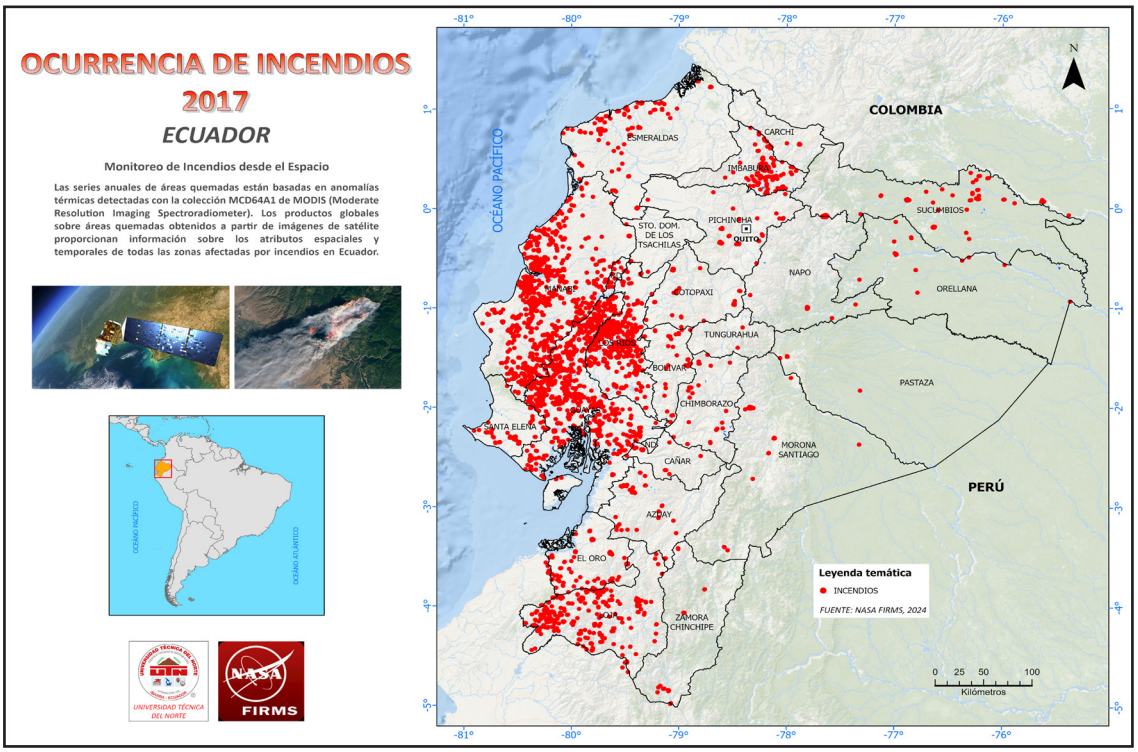


Figura 68.
Mapa de ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador (2017)

6.2.6 Ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador, año 2018

En comparación con los registros anteriores, el año 2018 presentó un incremento notable en la intensidad y dispersión de los incendios en la zona norte del país. La Figura 69 puso en evidencia un repunte significativo de focos en provincias andinas y amazónicas, marcando una expansión del fenómeno hacia áreas menos intervenidas históricamente.

Como se representa en la Figura 69, durante el año 2018 los incendios forestales mostraron alta recurrencia en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas, El Oro y Loja, configurando un corredor continuo desde la costa central hasta el extremo sur del país. Sin

embargo, se destacó especialmente la concentración masiva de eventos en Carchi, lo que convirtió a esta provincia en uno de los epicentros del año, junto con focos relevantes en Imbabura y Esmeraldas. En la región andina, Chimborazo, Bolívar y Cotopaxi mantuvieron patrones de recurrencia moderada, mientras que la Amazonía, particularmente Sucumbíos y Orellana, experimentó un repunte de puntos dispersos que podría estar vinculado a procesos de expansión agrícola. El patrón observado sugiere una intensificación del uso del fuego como herramienta de manejo territorial, posiblemente influenciada por una combinación de factores climáticos, reducción de precipitaciones y mayor presión sobre coberturas naturales.

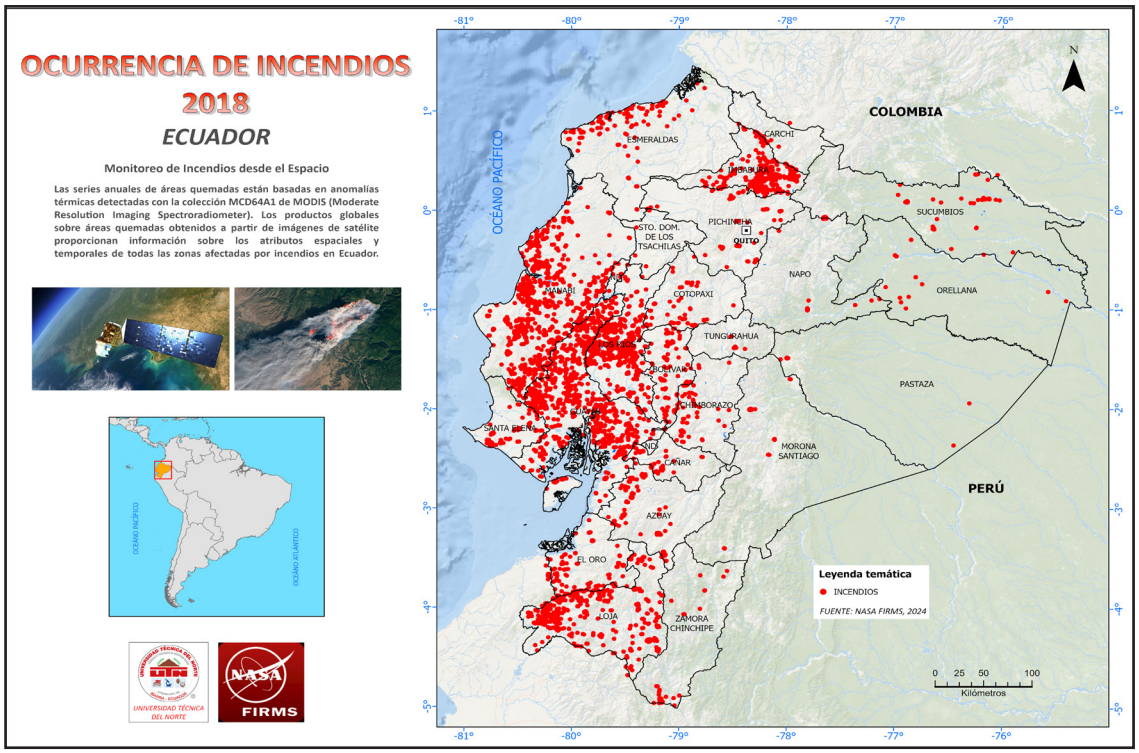


Figura 69.
Mapa de ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador (2018)

6.2.7 Ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador, año 2019

El año 2019 marcó un repunte importante en la actividad de incendios forestales en varias regiones del país. La Figura 70 evidenció una reactivación de focos en provincias del norte andino y amazónico, así como una consolidación del patrón crítico en la franja costera centro-sur.

Como se aprecia en la Figura 70, durante 2019 se registró una intensa actividad de incendios en las provincias de Manabí, Guayas, Los Ríos, El Oro y Loja, con focos extendidos que delinearon un corredor continuo desde el noroeste hasta el sur del país. Llamó particularmente la atención la alta densidad de puntos en Carchi, con una recurrencia más acentuada incluso que en 2018, acompañada de una notable actividad en Esmeraldas e Imbabura. En la región andina central, Chimborazo, Tungurahua y Bolívar presentaron niveles intermedios de ocurrencia, mientras que la región amazónica reportó incendios en Sucumbíos, Orellana y zonas puntuales de Pastaza, lo que sugiere una extensión continua de focos hacia áreas de frontera agrícola. Este patrón de amplificación espacial podría estar vinculado con variaciones en la cobertura vegetal, aumentos en la temperatura media estacional y la intensificación del uso del fuego en sistemas productivos.

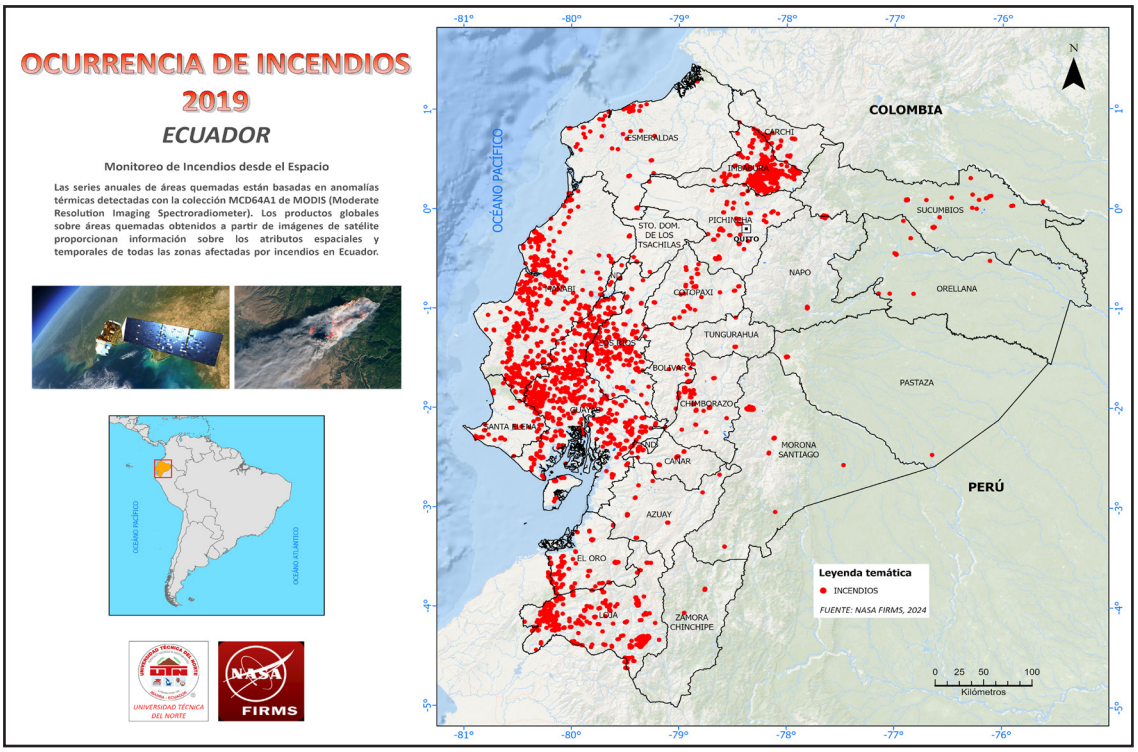


Figura 70.
Mapa de ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador (2019)

6.2.8 Ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador, año 2020

El año 2020 presentó un panorama de incendios forestales condicionado por factores sociales y ambientales particulares, entre ellos las restricciones de movilidad asociadas a la pandemia de COVID-19. La Figura 71 mostró un panorama mixto, con persistencia de focos en las zonas críticas tradicionales y una leve reducción en algunas provincias del interior andino. Según la Figura 71, las provincias de la región litoral, en particular Los Ríos, Guayas, Manabí, Santa Elena y El Oro, continuaron registrando una alta densidad de incendios, reflejando una tendencia constante durante la última década. En la Sierra central, los focos se concentraron en Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi y Tungurahua, aunque con una distribución menos densa que la observada en 2019. El norte andino, especialmente Carchi e Imbabura, mantuvo niveles altos de ocurrencia, al igual que ciertas zonas bajas de Esmeraldas. En contraste, en la Amazonía, si bien los incendios estuvieron presentes en Sucumbíos, Orellana y Pastaza, su densidad fue moderada. La dinámica observada puede estar asociada a una combinación entre continuidad en prácticas de uso del fuego en sistemas rurales y posibles efectos de reducción de actividad antrópica directa durante los primeros meses de emergencia sanitaria nacional.

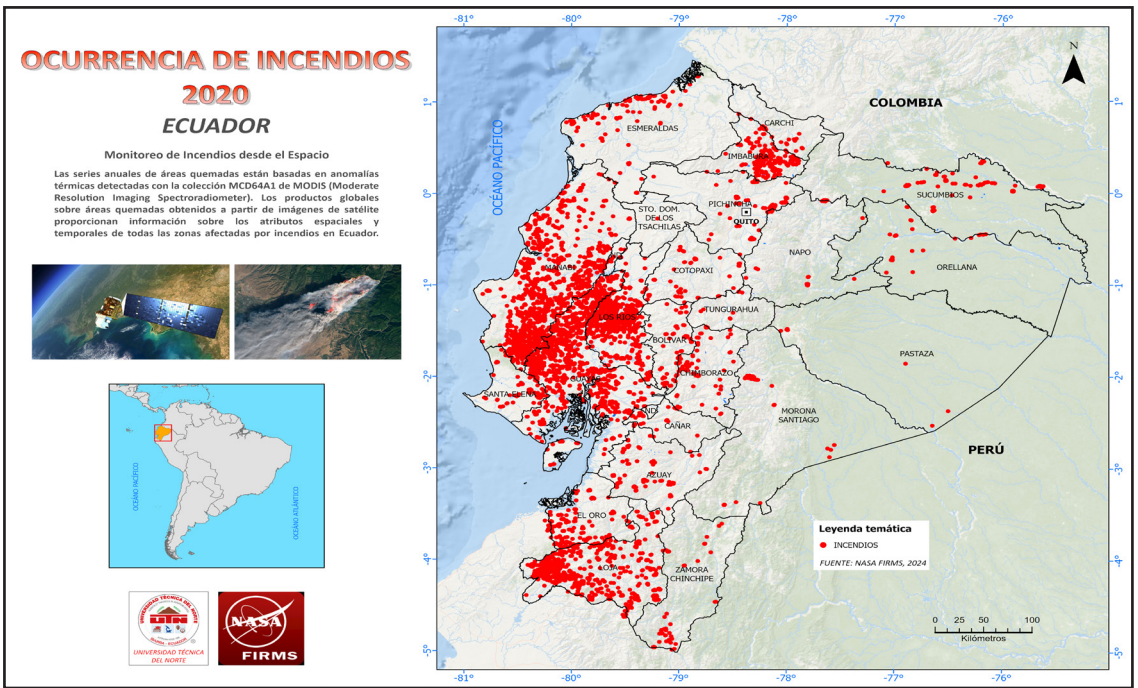


Figura 71.
Mapa de ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador (2020)

6.2.9 Ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador, año 2021

La ocurrencia de incendios durante el año 2021 reflejó un patrón más contenido en comparación con los picos registrados en años anteriores. La Figura 72 permitió visualizar una distribución concentrada en zonas costeras y una reducción general en la franja andina central y la Amazonía.

De acuerdo con la Figura 72, las provincias con mayor número de focos fueron Manabí, Guayas, Santa Elena, Los Ríos, Loja y El Oro, todas localizadas en la región litoral, lo que reafirma su condición como zona históricamente crítica. En la Sierra, se identificaron eventos aislados en Chimborazo, Cotopaxi, Bolívar y Cañar, con una notable disminución respecto a 2020. En el norte, Imbabura y Carchi presentaron niveles bajos de ocurrencia en comparación con años previos, lo que podría estar relacionado con condiciones climáticas locales menos propicias para la propagación del fuego o un mayor control de quemas. En la región amazónica, los incendios se concentraron en Sucumbíos y Orellana, con menor presencia en Pastaza. Este descenso general podría responder a una combinación de factores, como mayor humedad estacional, restricciones de movilidad, o cambios en la dinámica de uso del suelo durante la recuperación pospandemia.

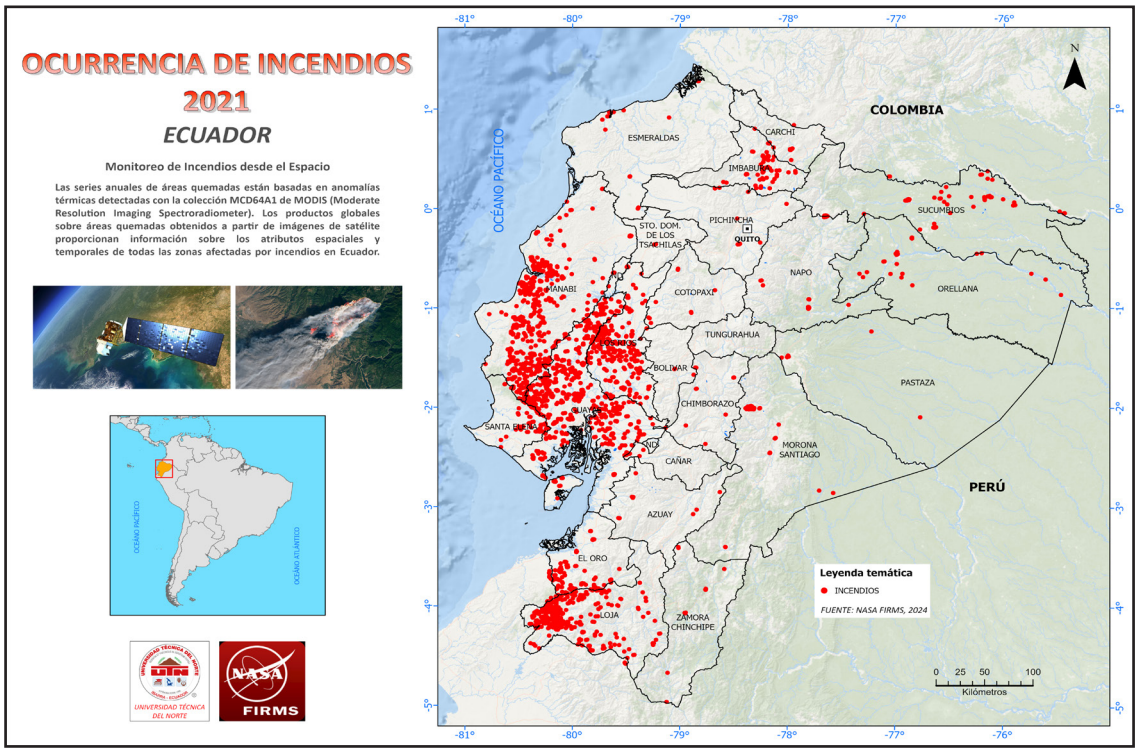


Figura 72.
Mapa de ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador (2021)

6.2.10 Ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador, año 2022

La distribución de incendios forestales registrada en el año 2022 retomó una alta densidad en las regiones históricamente más vulnerables, cerrando el periodo de análisis con una configuración espacial similar a la observada en años de mayor actividad. La Figura 73 permitió identificar no solo la persistencia del fenómeno, sino también ciertos focos emergentes en áreas amazónicas y del norte andino. Tal como se muestra en la Figura 73, en 2022 las provincias con mayor concentración de puntos de calor fueron Los Ríos, Guayas, Santa Elena, El Oro y Manabí, consolidando a la región costera como epicentro del riesgo de

incendios forestales. En la región andina, se observaron eventos moderados en Chimborazo, Cotopaxi, Bolívar, Cañar y Azuay, mientras que en el norte destacaron nuevamente Carchi, Imbabura y Esmeraldas, con una densidad de eventos comparable a los años 2018 y 2019. En la Amazonía, se reportó una dispersión amplia de focos en Sucumbíos, Orellana y Pastaza, lo que podría estar relacionado con actividades de cambio de uso de suelo, expansión agrícola o reducción de cobertura vegetal primaria. La recurrencia observada sugiere que, pese a variaciones anuales, persisten las condiciones estructurales y sociales que favorecen el uso del fuego como herramienta en el paisaje rural ecuatoriano.

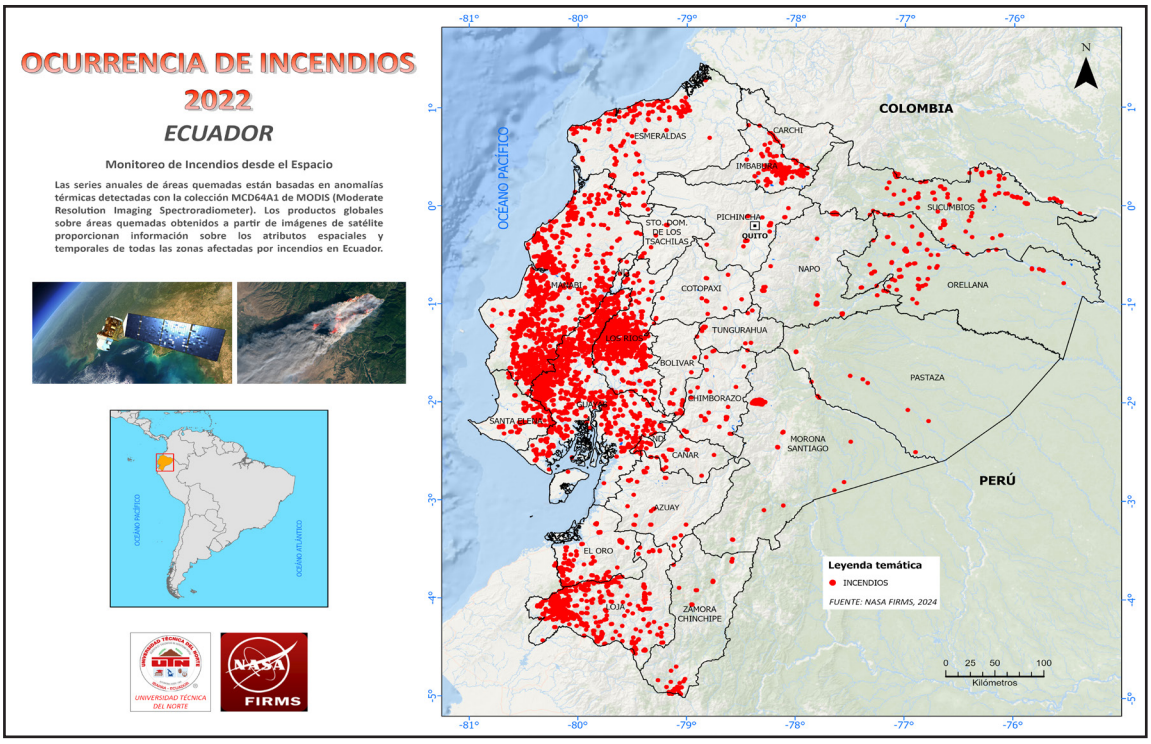


Figura 73.
Mapa de ocurrencia de incendios forestales en el Ecuador (2022)

6.3 Dinámica histórica de los incendios forestales en Imbabura: distribución, persistencia y evolución (2013–2022)

Durante la última década, la provincia de Imbabura registró un total de 1 467 incendios forestales, los cuales afectaron una superficie acumulada de 16 662.18 hectáreas, según reportes de NASA-FIRMS y el SNGR. La dinámica de estos eventos no fue homogénea ni en frecuencia ni en severidad. Como se observa en la Tabla 15, los años más críticos fueron 2015, 2018 y 2019, mientras que 2021 y 2022 presentaron los valores más bajos en términos relativos.

Tabla 15.
Número de incendios forestales y superficie afectada en la provincia de Imbabura (2013–2022)

Años	Hectáreas impactadas por los incendios forestales	Número total de incendios en la provincia de Imbabura
2013	1 536.79	148
2014	1 609.19	47
2015	2 694.73	100
2016	1 352.5	135
2017	1 338.89	89

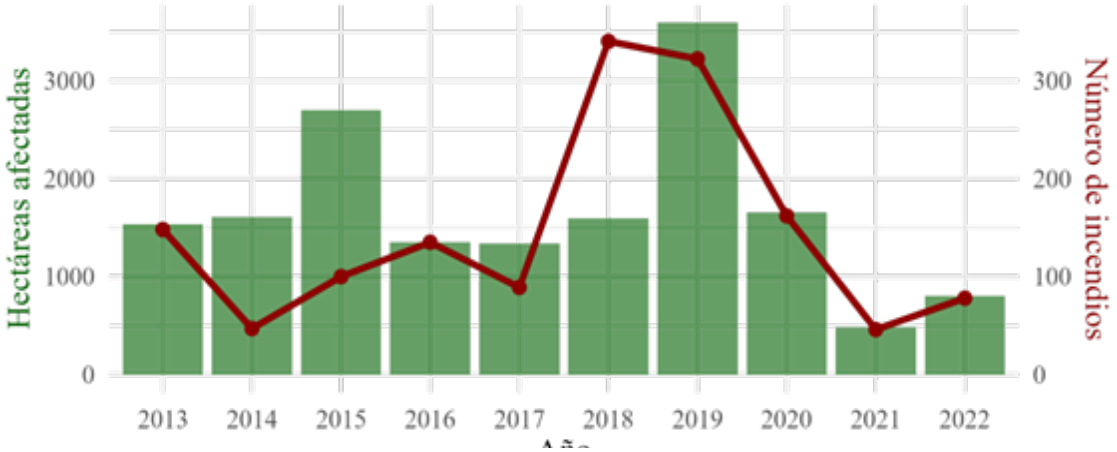
Años	Hectáreas impactadas por los incendios forestales	Número total de incendios en la provincia de Imbabura
2018	1 598.18	340
2019	3 588.76	322
2020	1 653.95	162
2021	485.93	46
2022	803.26	78
TOTAL	**16 662.18**	**1 467**

Fuente: SNGR, comunicación personal, 30 de septiembre de 2024

A nivel cantonal, los datos consolidados permiten identificar al cantón San Miguel de Ibarra como el más afectado tanto por número de eventos (518 incendios) como por superficie quemada (5 038.28 ha), seguido por Cotacachi (4 748.27 ha; 248 eventos), Otavalo (2 478.17 ha; 234 eventos) y Urcucquí (2 371.35 ha; 184 eventos). En contraste, los cantones con menor impacto fueron Antonio Ante (355.16 ha; 114 eventos) y Pimampiro (1 683.25 ha; 169 eventos) Tablas. Cabe destacar que, aunque Otavalo no lideró en frecuencia, registró un nivel de superficie quemada casi equivalente al de Cotacachi, lo cual sugiere que los incendios fueron más severos o prolongados. Borrador libro.

Este comportamiento espacial y temporal confirma que la ocurrencia de incendios en Imbabura está asociada a factores multifactoriales como el uso del suelo, las condiciones climáticas estacionales, y las prácticas antrópicas de manejo de vegetación, especialmente en zonas de interfaz agroforestal. La Figura 74 resume la evolución de ambos indicadores principales (frecuencia y superficie impactada), permitiendo identificar con claridad los picos de mayor afectación durante el periodo 2013–2022.

Figura 74.
Tendencia anual de incendios forestales y superficie afectada en la provincia de Imbabura (2013–2022)



6.3.1 Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2013

Durante el año 2013, la provincia de Imbabura registró un total de 148 incendios forestales, con una superficie afectada aproximada de 1 536.79 hectáreas, según los reportes del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, comunicación personal, 30 de septiembre de 2024). La Figura 75 muestra la distribución espacial de los eventos reportados, evidenciando una mayor concentración en los cantones del centro y nororiente de la provincia. La ocurrencia

de incendios se intensificó a partir del mes de julio, afectando particularmente zonas con cobertura de vegetación secundaria, matorrales de transición y áreas agrícolas en expansión.

Este patrón marcó el inicio de una recurrencia anual sostenida en determinados sectores críticos del territorio provincial.

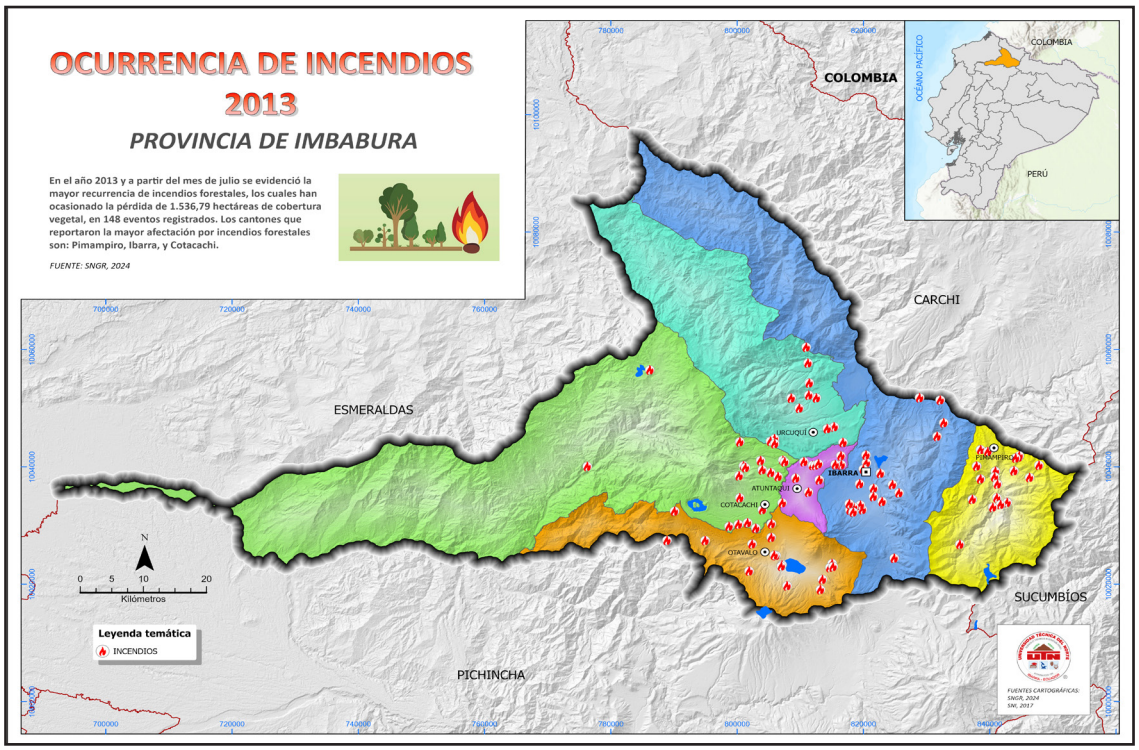


Figura 75.
Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2013

Según los datos consolidados, los cantones más afectados en 2013 fueron:

!>CD

- Santa Ana de Cotacachi, con una superficie quemada de 551.17 hectáreas, destacándose la parroquia Imantag con 448.48 ha.
- San Luis de Otavalo, que registró 312.28 ha, siendo la parroquia San Pablo la más impactada con 253.27 ha.
- San Pedro de Pimampiro, con 220 ha, distribuidos principalmente en Pimampiro (108 ha), San Francisco de Sigsipamba (80 ha) y Chugá (22 ha).
- San Miguel de Ibarra, con 235.54 ha, donde sobresalen San Francisco (133 ha), Ambuquí (55.51 ha) y Angochagua (43.53 ha).
- San Miguel de Urcuquí, con 135.3 ha, principalmente en las parroquias Pablo Arenas (68 ha) y Cahuasquí (46 ha).

Estos cinco cantones concentraron más del 95% del total de la superficie quemada durante 2013 en la provincia de Imbabura, revelando una fuerte relación entre la ocurrencia de incendios y las condiciones topográficas, la fragmentación del paisaje y el uso intensivo del suelo en zonas de ladera. (Figura 76).

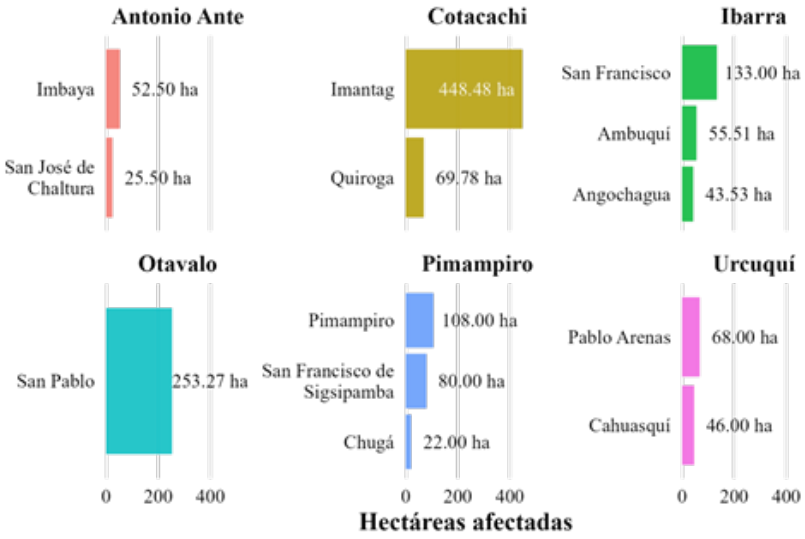


Figura 76.
Superficie afectada por incendios forestales (> 20 ha) en parroquias de Imbabura agrupadas por cantón, año 2013

6.3.2 Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2014

Durante el año 2014, la provincia de Imbabura registró un total de 47 incendios forestales, afectando una superficie estimada de 1 609.19 hectáreas, de acuerdo con los reportes del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo (SNGR, comunicación personal, 30 de septiembre de 2024). En comparación con el año anterior, se produjo una disminución considerable en la frecuencia de eventos, aunque la severidad en términos de área afectada se mantuvo elevada.

La Figura 77 representa la distribución espacial de los incendios registrados en 2014. Los principales focos se localizaron en el centro y suroccidente de la provincia, particularmente en cantones como San Miguel de Ibarra, Otavalo, Cotacachi y Urcuquí, que concentraron la mayor superficie impactada.

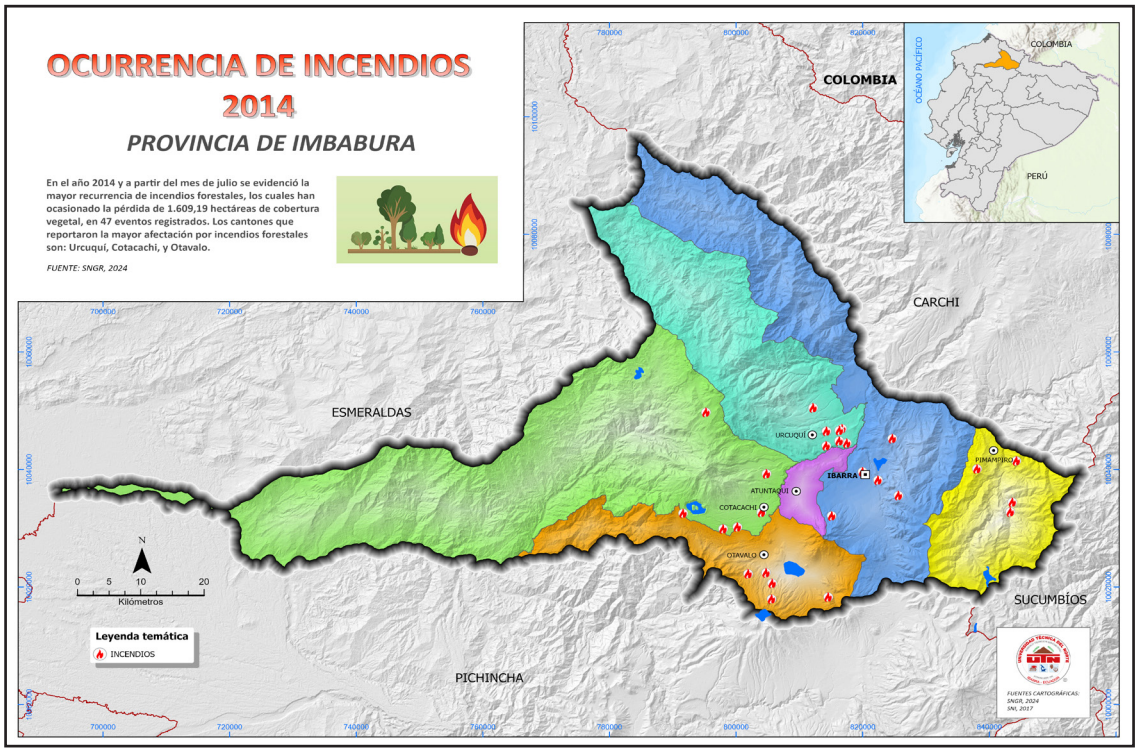


Figura 77.
Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2014

La Figura 77 representa la distribución espacial de los incendios registrados en 2014. Los principales focos se localizaron en el centro y suroccidente de la provincia, particularmente en cantones como San Miguel de Ibarra, Otavalo, Cotacachi y Urcuquí, que concentraron la mayor superficie impactada.

Las parroquias con más de 20 hectáreas afectadas fueron:

- San Francisco (Ibarra), con 964.31 ha, representando aproximadamente el 60% del total provincial.
- Imantag (Cotacachi), con 50.34 ha, y Quiroga (Cotacachi) con 21 ha, mantuvieron su recurrencia como zonas críticas.
- Eugenio Espejo (Otavalo) con 109 ha, y González Suárez (Otavalo) con 70 ha, fueron los principales focos en el sur del cantón.
- Pimampiro (Pimampiro) con 20 ha, y Tumbabiro (Urcuquí) con 30 ha, cerraron la lista de parroquias con áreas afectadas superiores a 20 hectáreas.

En términos de frecuencia de incendios por cantón, San Miguel de Ibarra lideró con 15 eventos, seguido de Cotacachi (8 eventos), Urcuquí (8 eventos) y Otavalo (6 eventos). Los cantones con menor actividad fueron Pimampiro (4 eventos) y Antonio Ante (6 eventos), con afectaciones puntuales y menor dispersión territorial. La Figura 78 resume gráficamente la superficie afectada en cada una de las parroquias con más de 20 hectáreas quemadas, organizadas por cantón.

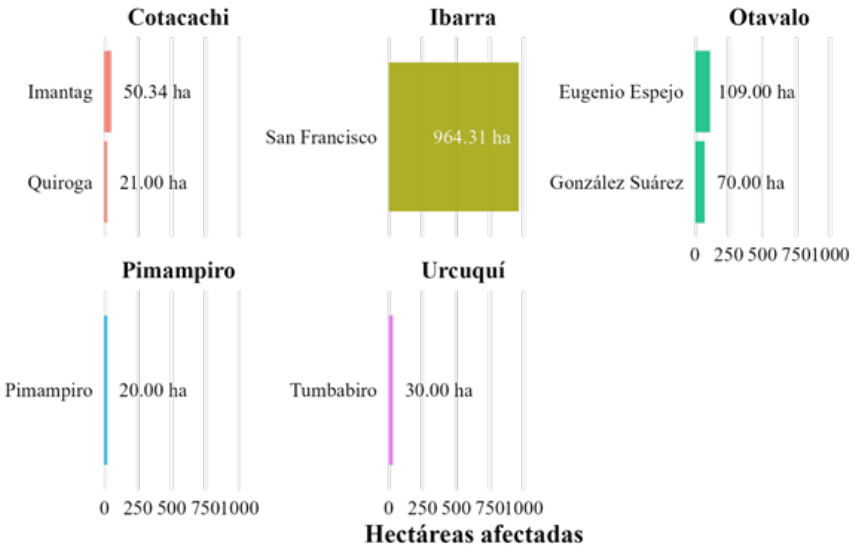


Figura 78.
Superficie afectada por incendios forestales (> 20 ha) en parroquias de Imbabura agrupadas por cantón, año 2014

6.3.3 Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2015

El año 2015 marcó un incremento considerable en la severidad de los incendios forestales en la provincia de Imbabura. De acuerdo con datos del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, comunicación personal, 30 de septiembre de 2024), se reportaron 100 eventos que afectaron una superficie estimada de 2 694.73 hectáreas, consolidándose como

uno de los años más críticos de la década. La Figura 79 ilustra la distribución espacial de los focos detectados, los cuales se concentraron principalmente en los cantones de Ibarra, Otavalo, Pimampiro, Cotacachi y Urcuquí, con expansión hacia parroquias rurales bajo alta presión antrópica sobre la cobertura vegetal.

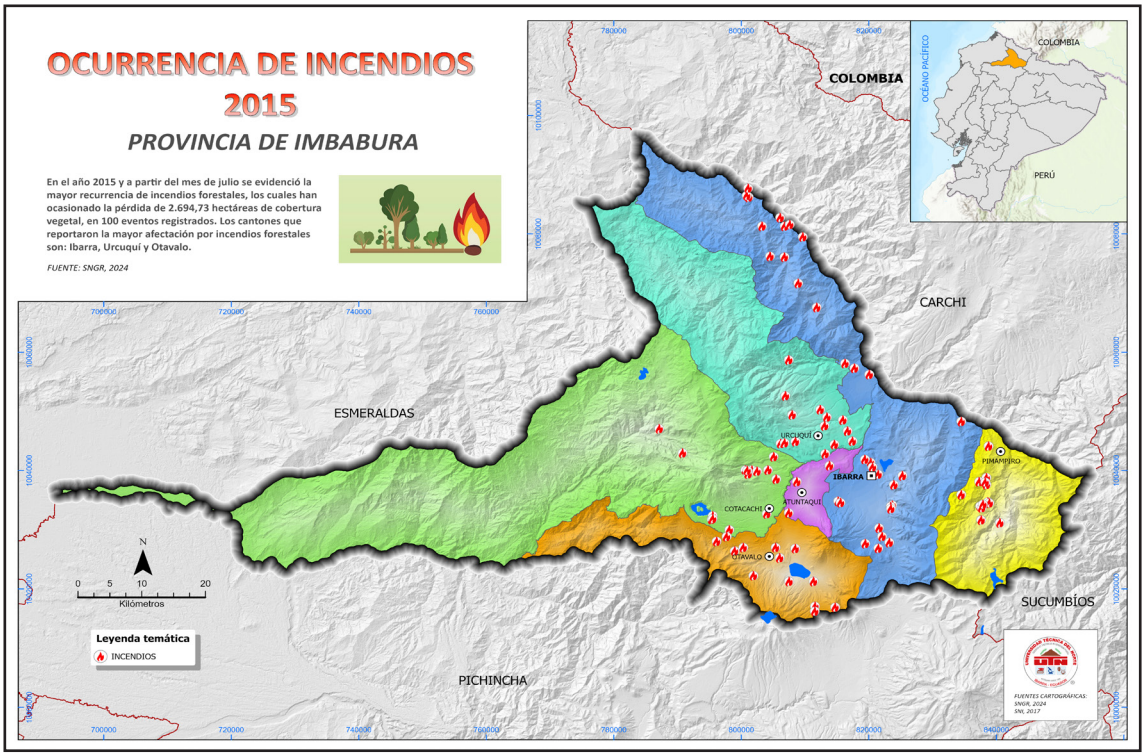


Figura 79.
Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2015

Las parroquias con más de 20 hectáreas afectadas se resumen en la Figura 80:

- González Suárez (Otavalo), con 500 ha, registró la mayor superficie afectada en la provincia.
- La Carolina (Ibarra), con 413 ha, se posicionó como uno de los focos más severos de la serie histórica.
- San Francisco de Sigsipamba (Pimampiro) con 134 ha y Pimampiro con 89 ha consolidaron este cantón como un punto de alta intensidad.
- Quiroga (Cotacachi), con 87 ha, mantuvo la tendencia crítica observada en años anteriores.
- Urcuquí, con 61 ha, presentó también una afectación significativa.
- San Francisco (Ibarra) y El Jordán (Otavalo) complementaron el patrón de impacto, con 48 ha y 45 ha respectivamente.

Este comportamiento espacial reflejó una recurrencia focalizada en zonas agrícolas de transición y áreas de matorral seco andino, donde los incendios forestales respondieron probablemente a prácticas antrópicas no controladas, favorecidas por condiciones de menor humedad ambiental.

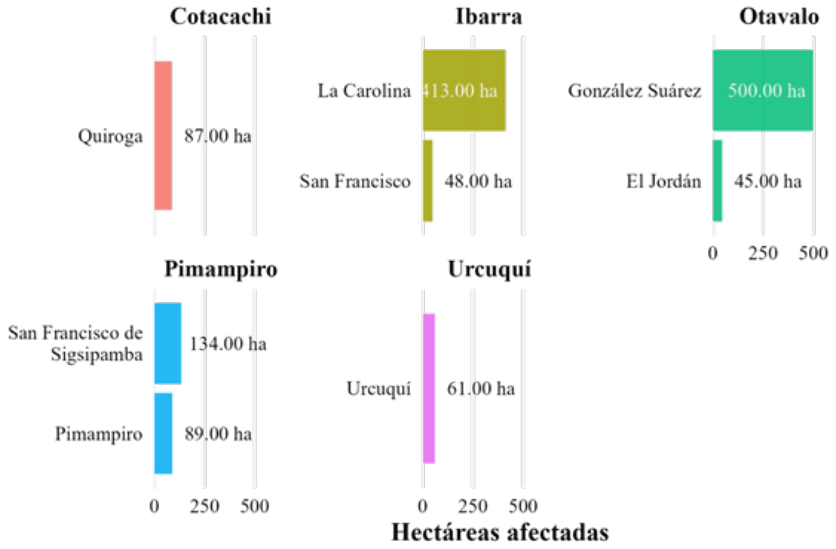


Figura 80.
Superficie afectada por incendios forestales (> 20 ha) en parroquias de Imbabura agrupadas por cantón, año 2015

6.3.4 Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2016

Durante el año 2016, la provincia de Imbabura registró 135 incendios forestales, con una superficie total afectada de 1 352.50 hectáreas, según el informe del (SNGR, comunicación personal, 30 de septiembre de 2024). La Figura 81 presenta la distribución espacial de estos eventos, los cuales se concentraron principalmente en las estribaciones de los Andes centrales y zonas de transición agrícola en los cantones Ibarra, Pimampiro y Urcuquí. La dinámica espacial de este año reflejó una distribución más homogénea de focos entre cantones, en comparación con años previos más concentrados.

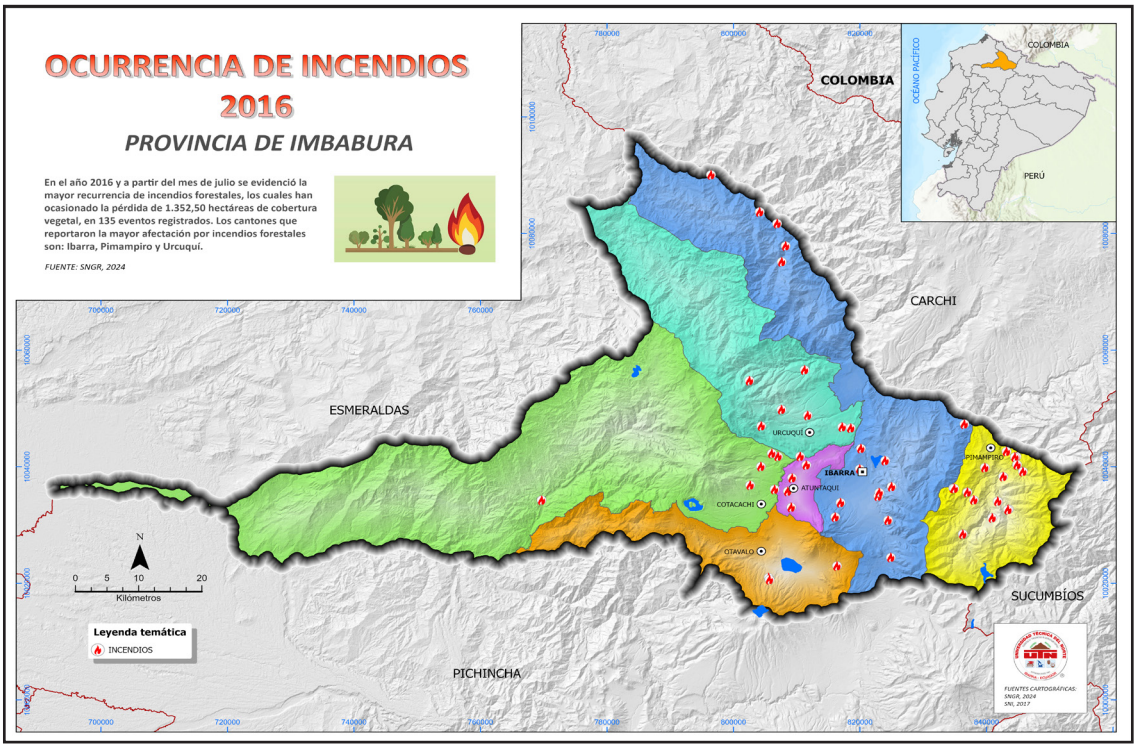


Figura 81.
Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2016

Las parroquias más afectadas en términos de superficie fueron (Figura 82):

- Mariano Acosta (Pimampiro), con 188 ha, y Pimampiro (cabecera), con 81 ha, sumando un total cantonal superior a 270 ha.
- Cahuasquí (Urcuquí), con 215 ha, el punto más crítico del cantón ese año.
- Caranqui (Ibarra) con 117,5 ha, acompañado por La Carolina (120 ha) y San Francisco (40 ha), consolidando nuevamente al cantón como un núcleo activo.
- Atuntaqui (Antonio Ante) con 30 ha, y otras parroquias como Imantag (Cotacachi) con 26 ha.
- También se reportaron incendios relevantes en Peñaherrera (Cotacachi) con 20 ha, lo que confirma la permanencia de focos en zonas boscosas y de borde agrícola.

Este patrón indica una afectación distribuida tanto en parroquias rurales como en zonas periurbanas, especialmente donde existe alta interacción entre coberturas naturales y sistemas productivos agrícolas.

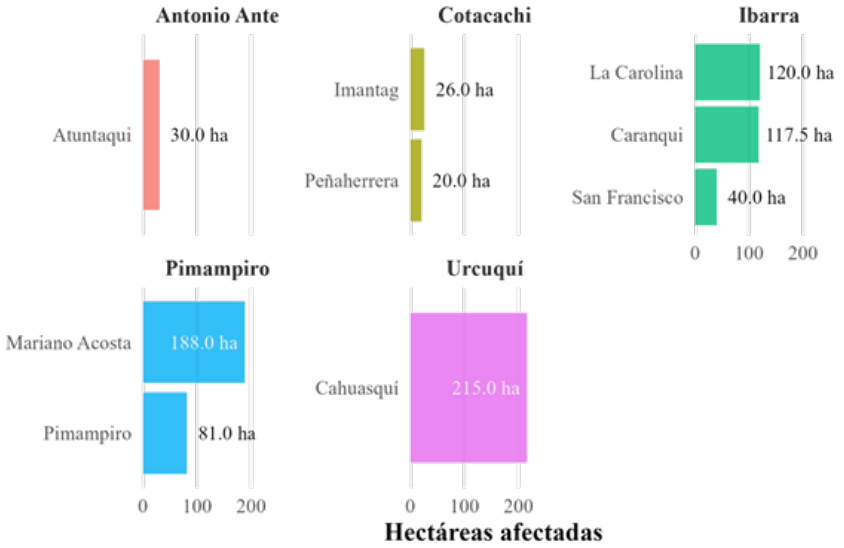


Figura 82. *Superficie afectada por incendios forestales (> 20 ha) en parroquias de Imbabura agrupadas por cantón, año 2016*

6.3.5 Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2017

El año 2018 presentó un aumento significativo en la frecuencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, con un total de 340 eventos registrados, la cifra más alta de toda la serie 2013–2022. La superficie afectada alcanzó las 1 598.18 hectáreas, de acuerdo con los reportes del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, comunicación personal, 30 de septiembre de 2024). La Figura 85 muestra la distribución espacial de estos focos, evidenciando una alta densidad de incendios en la zona centro-sur de la provincia, especialmente en los cantones Ibarra, Pimampiro, Cotacachi y Urcuquí.

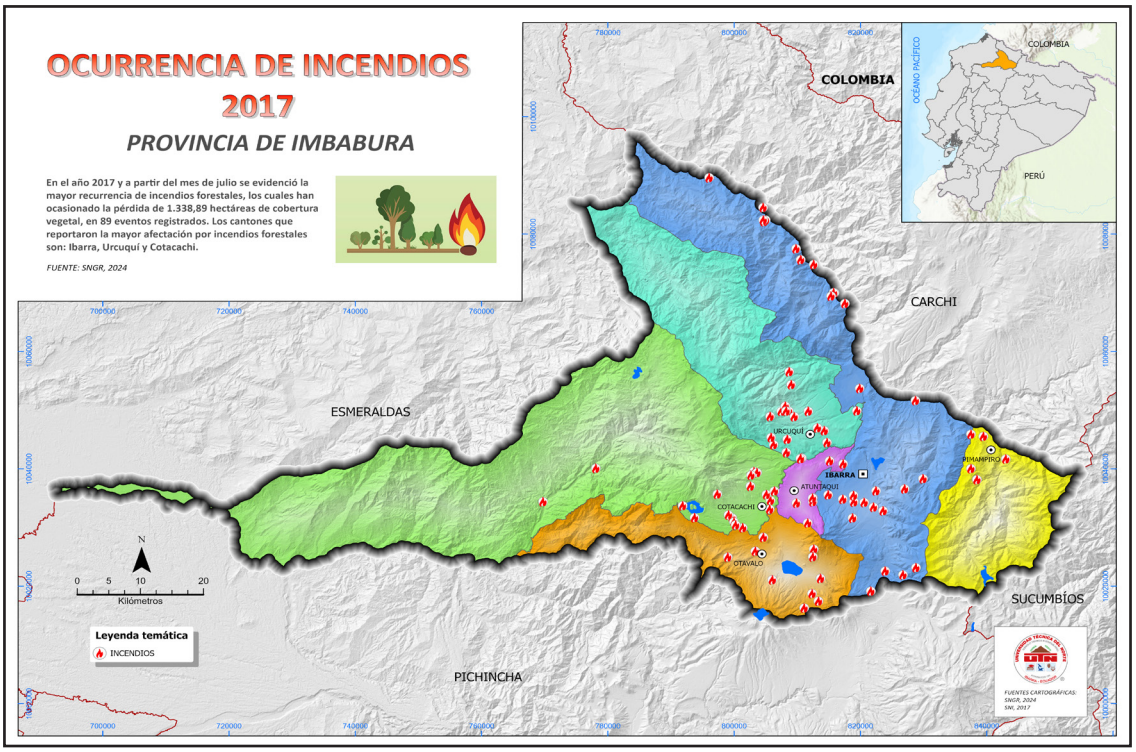


Figura 83.
Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2017

Las parroquias más afectadas, representadas en la Figura 84, fueron:

- Angochagua (Ibarra), con 735.43 ha, posicionándose como uno de los eventos más severos del período 2013–2022.
- San Pablo (Otavalo), con 247.58 ha, fue el segundo mayor foco de afectación del año.
- La Carolina (Ibarra), con 142.62 ha, consolidó la concentración del impacto en el cantón Ibarra.
- Chugá (Pimampiro), con 56.39 ha, destacó como el principal foco del nororiente provincial.

En conjunto, los cantones San Miguel de Ibarra y Otavalo concentraron más del 80% de la superficie total afectada en el año. El patrón espacial observado sugiere la ocurrencia de incendios en áreas de vegetación secundaria, zonas de uso agropecuario y bordes de páramos, probablemente vinculados a prácticas de quema no controlada y expansión agrícola en zonas de pendiente.

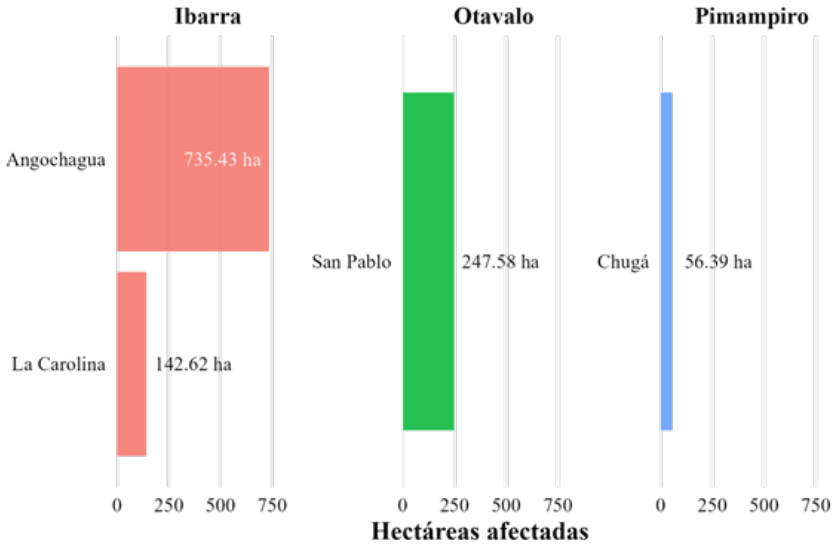


Figura 84.
Superficie afectada por incendios forestales (> 20 ha) en parroquias de Imbabura agrupadas por cantón, año 2017

6.3.6 Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2018

El año 2018 presentó un aumento significativo en la frecuencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, con un total de 340 eventos registrados, la cifra más alta de toda la serie 2013–2022. La superficie afectada alcanzó las 1 598.18 hectáreas, de acuerdo con los reportes del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, comunicación personal, 30 de septiembre de 2024). La Figura 85 muestra la distribución espacial de estos focos, evidenciando una alta densidad de incendios en la zona centro-sur de la provincia, especialmente en los cantones Ibarra, Pimampiro, Cotacachi y Urcuquí.

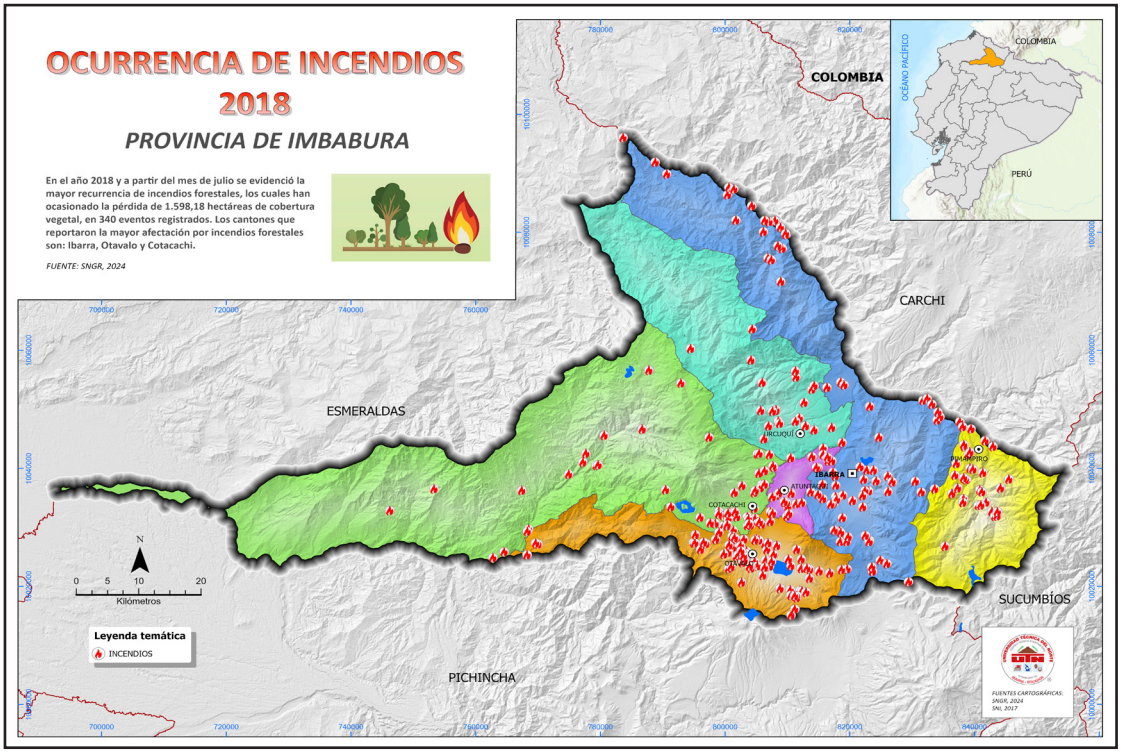


Figura 85.
Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2018

Las parroquias más afectadas en términos de superficie, representadas en la Figura 86, fueron:

- Plaza Gutiérrez (Cotacachi), con 336 ha, convirtiéndose en el mayor foco del año.
- La Carolina (Ibarra), con 293.18 ha, manteniéndose entre los núcleos críticos del periodo.
- Pimampiro (cabecera), con 232.57 ha, que consolidó nuevamente a este cantón como altamente vulnerable.
- Cahuasquí (Urcuquí), con 131.54 ha, destacó como el principal foco en el occidente provincial.
- San Pablo (Otavalo), con 3.21 ha, Selva Alegre (Otavalo), con 29.12 ha, y San Luis (Otavalo), con 25.67 ha, mostraron afectaciones relevantes en el sur del cantón.
- También se reportaron áreas impactadas en Angochagua (Ibarra) con 52.55 ha, y Imantag (Cotacachi) con 29.62 ha.

En conjunto, las parroquias rurales y periurbanas concentraron la mayor parte de la superficie afectada. El patrón espacial observado sugiere una interacción compleja entre prácticas agrícolas, condiciones climáticas secas y expansión de la frontera productiva, que promovieron la propagación de los incendios.

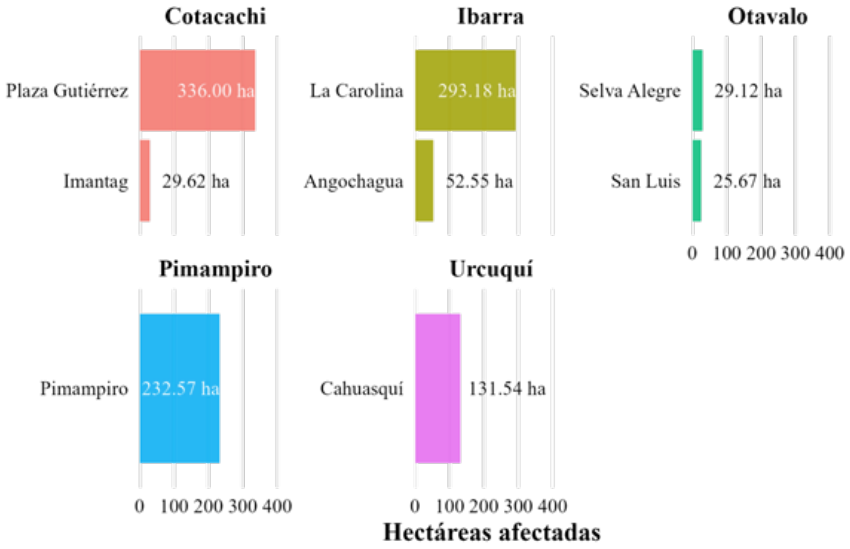


Figura 86.
Superficie afectada por incendios forestales (> 20 ha) en parroquias de Imbabura agrupadas por cantón, año 2018

6.3.7 Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2019

El año 2019 fue el más crítico en términos de superficie afectada por incendios forestales en la provincia de Imbabura durante la década analizada. Se reportaron 322 eventos, con una superficie total de 3 588.76 hectáreas afectadas, de acuerdo con el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, comunicación personal, 30 de septiembre de 2024). La Figura 87 muestra una alta concentración de focos en los cantones Cotacachi, Otavalo, Ibarra y Urcuquí, con una distribución significativa también en Pimampiro, lo que evidencia una severa expansión territorial del fenómeno.

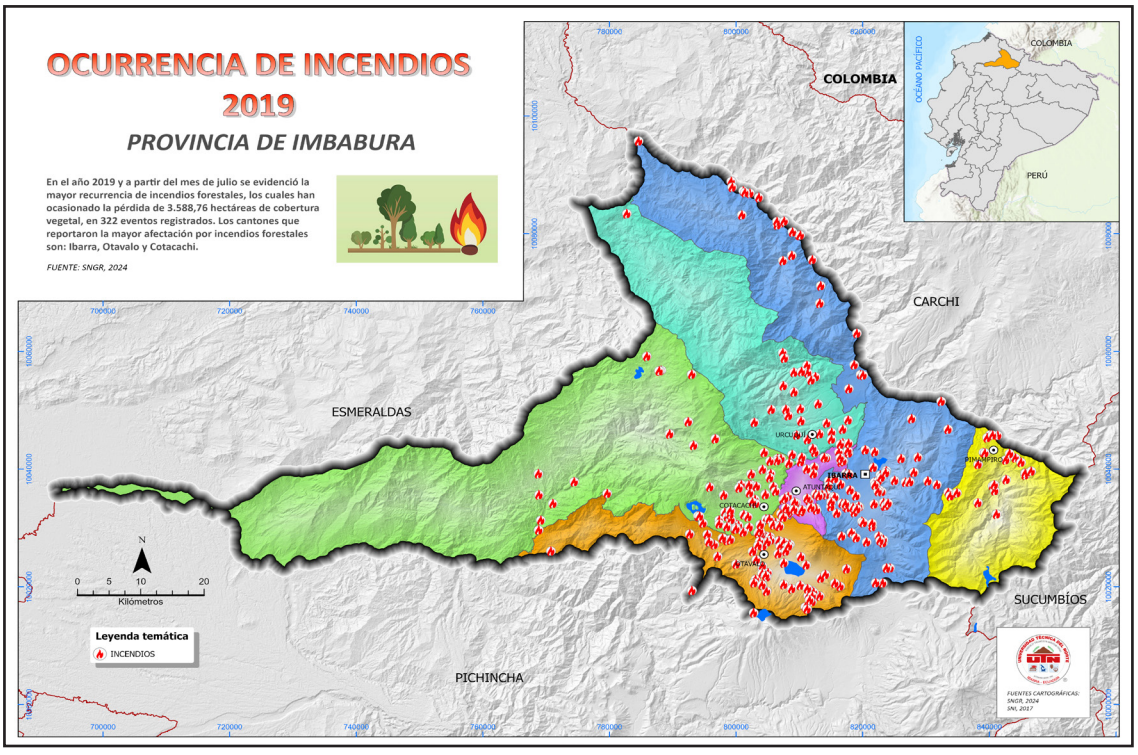


Figura 87.
Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2019

Las parroquias más afectadas, representadas en la Figura 88, fueron:

- San Pablo (Otavalo) con 382.92 ha, la más afectada del año.
- La Carolina (Ibarra) con 358.96 ha, repitiendo su presencia entre los focos más recurrentes de la serie histórica.
- Plaza Gutiérrez (Cotacachi) con 336 ha, e Imantag (Cotacachi) con 276.69 ha, consolidando al cantón Cotacachi como el más severamente impactado.
- Pablo Arenas (Urcuquí) con 132.05 ha y Cahuasquí (Urcuquí) con 115.12 ha, reflejaron una intensificación en la vertiente occidental.
- Pimampiro (cabecera) con 47.9 ha fue el foco principal de ese cantón.

Este patrón revela una expansión de los incendios hacia zonas de transición agrícola y coberturas secundarias, con énfasis en áreas de ladera y uso mixto. La recurrencia y severidad observadas estarían asociadas a condiciones climáticas secas prolongadas y al uso no regulado del fuego en actividades agropecuarias.

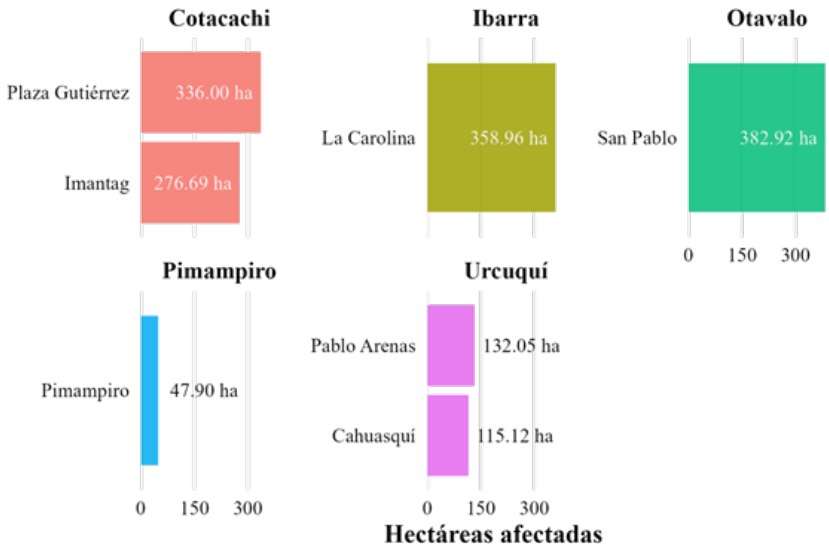


Figura 88.
Superficie afectada por incendios forestales (> 20 ha) en parroquias de Imbabura agrupadas por cantón, año 2019

6.3.8 Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2020

Durante el año 2020, se registraron 166 incendios forestales en la provincia de Imbabura, afectando un total de 1 654.0 hectáreas, según datos del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, comunicación personal, 30 de septiembre de 2024). La Figura 89 evidencia una amplia distribución de focos a lo largo de la provincia, con mayor concentración en los cantones Cotacachi, Urcuquí, Ibarra, Otavalo y Pimampiro. A pesar de una ligera disminución en el número de eventos respecto al año anterior, la severidad del impacto fue considerable. Cabe considerar que este año coincidió con el periodo inicial de la pandemia por COVID-19, lo cual podría haber influido en las dinámicas de detección, respuesta o incluso en el uso del fuego para actividades productivas.

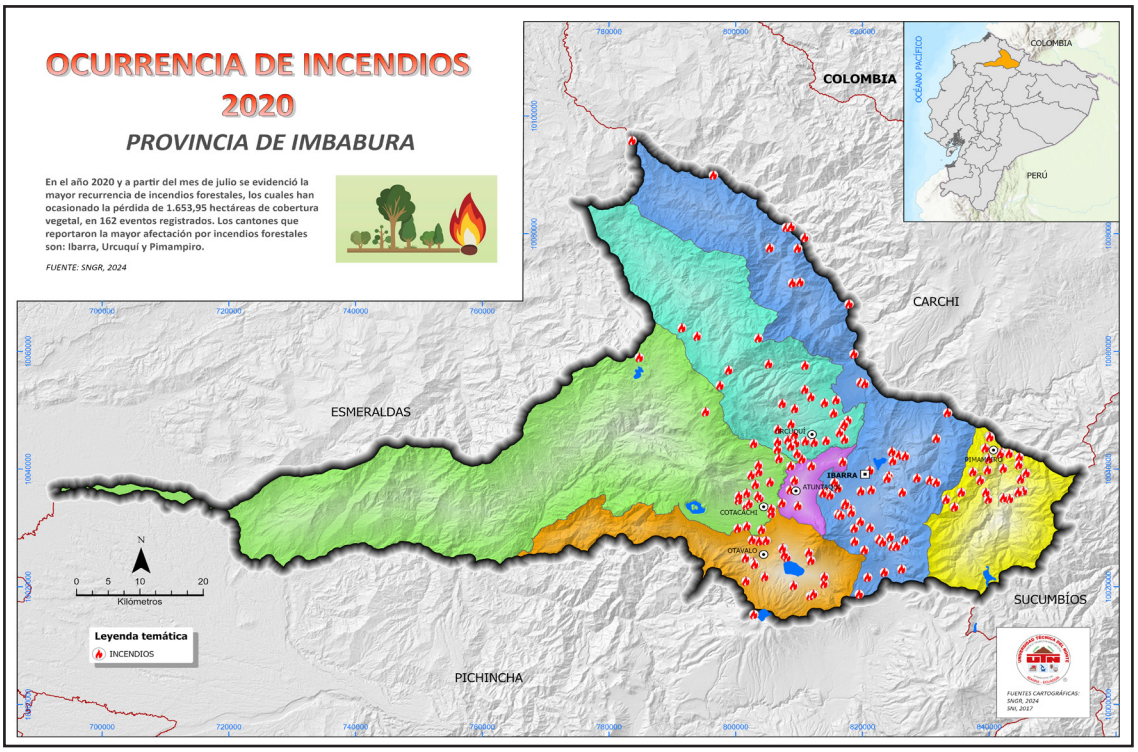


Figura 89.
Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2020

Las parroquias con mayor superficie afectada, representadas en la Figura 90, fueron:

- Imantag (Cotacachi), con 637.1 ha, el foco más crítico del año.
- Cahuasquí (Urcuquí), con 136.7 ha, reflejando una alta recurrencia en la vertiente occidental.
- Pimampiro (cabecera), con 135 ha, consolidándose como uno de los puntos más persistentes del periodo.
- San Luis (Otavalo), con 120.6 ha, y La Carolina (Ibarra), con 108.6 ha, mantuvieron su presencia histórica como zonas vulnerables.
- También sobresalieron Angochagua (Ibarra) con 93.8 ha, El Jordán (Otavalo) con 68,5 ha, y otras parroquias como San Francisco (Cotacachi), San Blas (Urcuquí), Tumbabiro (Urcuquí) y El Sagrario (Ibarra), todas por encima del umbral de 20 ha.

El patrón espacial observado confirma la persistencia de incendios en zonas de vegetación secundaria, pendientes medias y áreas de transición agropecuaria. Pese al contexto del inicio de la pandemia por COVID-19, las prácticas de quema no reguladas continuaron siendo uno de los principales detonantes de la afectación.

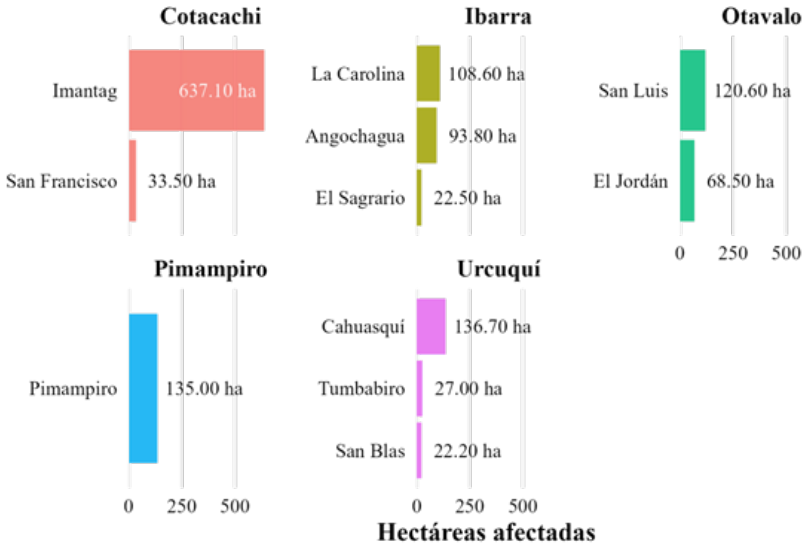


Figura 90.
Superficie afectada por incendios forestales (> 20 ha) en parroquias de Imbabura agrupadas por cantón, año 2020

6.3.9 Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2021

El año 2021 presentó una considerable disminución tanto en el número de incendios forestales como en la superficie afectada en la provincia de Imbabura. Se registraron 46 eventos y una pérdida estimada de 485.9 hectáreas de cobertura vegetal, de acuerdo con información oficial del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, comunicación personal, 30 de septiembre de 2024). La Figura 91 muestra una distribución moderadamente concentrada de focos, con afectaciones relevantes en parroquias específicas de los cantones Cotacachi, Urcuquí, Ibarra y Pimampiro, aunque con menor severidad respecto a años anteriores.

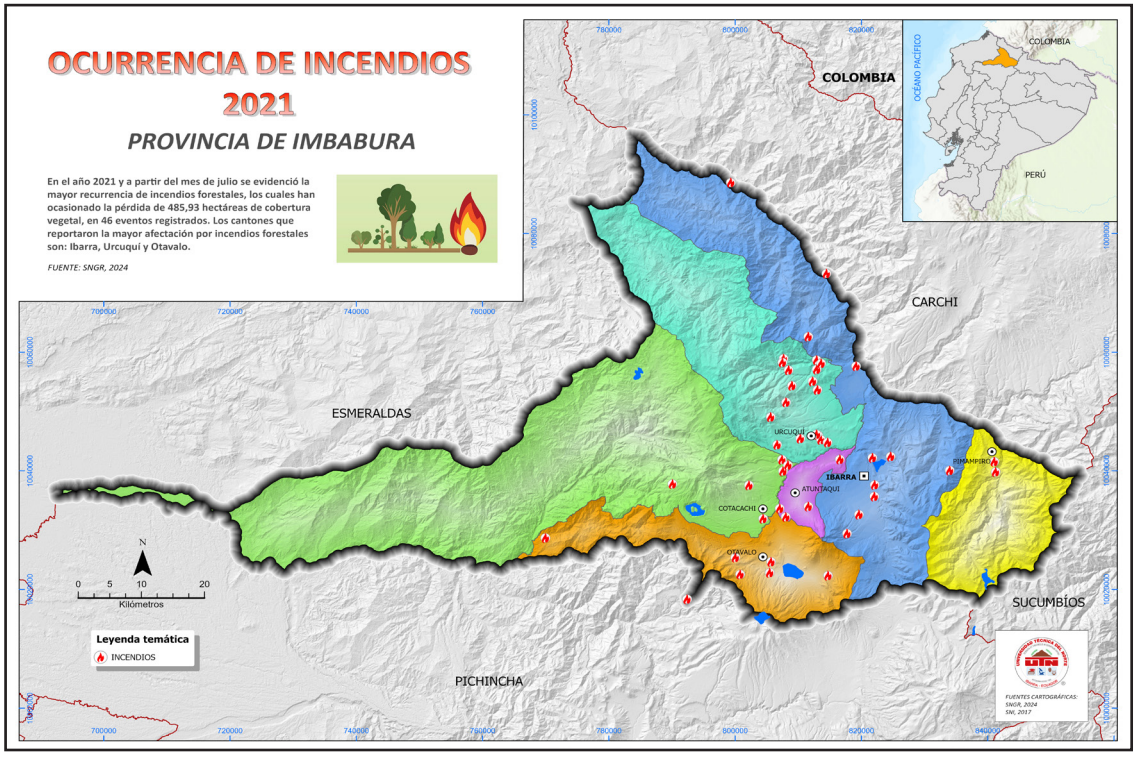


Figura 91.
Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2021

Las parroquias con mayor superficie afectada fueron:

- Plaza Gutiérrez (Cotacachi), con 210.4 ha, constituyéndose en el foco más severo del año.
- Pablo Arenas (Urcuquí) con 131 ha, seguida por Cahuasquí (Urcuquí) con 26 ha y San Blas (Urcuquí) con 20.5 ha, confirmando una recurrencia crítica en este cantón.
- La Carolina (Ibarra) con 14.1 ha y Pimampiro (cabecera) con 14 ha mantuvieron su presencia dentro de los patrones históricos.
- También se reportaron eventos menores en Imantag (Cotacachi) con 15 ha, San Antonio de Ibarra (10 ha), La Esperanza (5 ha) y otras parroquias con menos de 5 ha afectadas.

A pesar de la baja cantidad total de eventos, algunas parroquias mostraron focos de alta severidad individual. No obstante, el 2021 se consolida como el segundo año con menor número de eventos de la década. Este comportamiento podría estar asociado a condiciones climáticas más favorables, restricciones derivadas de la pandemia y una posible mejora en la percepción social del riesgo asociado al uso del fuego.

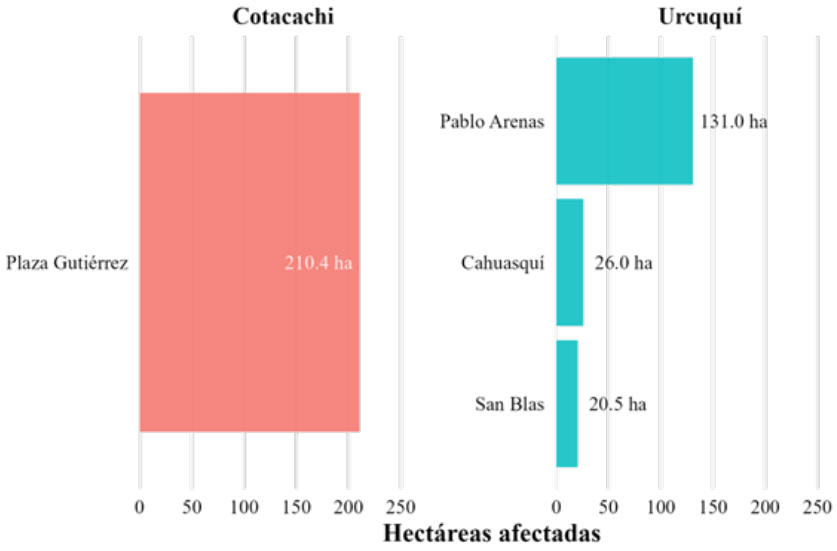


Figura 92.
Superficie afectada por incendios forestales (> 20 ha) en parroquias de Imbabura agrupadas por cantón, año 2021

6.3.10 Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2022

Durante el año 2022 se registraron 78 incendios forestales en la provincia de Imbabura, con una superficie total afectada de 803.3 hectáreas, de acuerdo con datos del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, comunicación personal, 30 de septiembre de 2024). Aunque el número de eventos aumentó respecto a 2021, la intensidad y extensión de los incendios se mantuvo por debajo del promedio histórico de la década. La Figura 93 muestra una concentración media de focos en parroquias de los cantones Urcuquí, Ibarra y Pimampiro, con afectaciones secundarias en sectores de Cotacachi, Otavalo y Antonio Ante

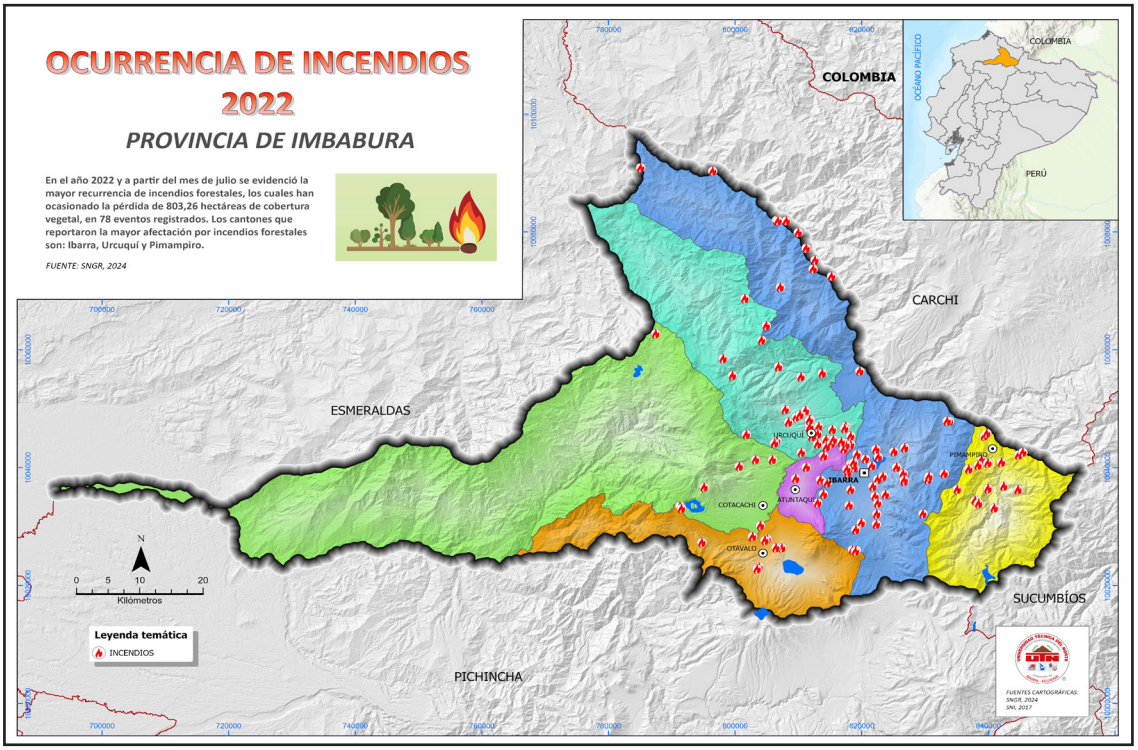


Figura 93.
Ocurrencia de incendios forestales en la provincia de Imbabura, año 2022

Las parroquias con mayor superficie afectada fueron (Figura 94):

- Cahuasquí (Urcuquí) con 269.3 ha, la más afectada del año.
- La Esperanza (Ibarra) con 150 ha, y La Merced de Buenos Aires (Urcuquí) con 72.4 ha.
- Pimampiro (cabecera) con 73.9 ha, manteniéndose como un foco recurrente.
- La Carolina (Ibarra) con 56.6 ha, reafirmando su presencia histórica.
- También se registraron incendios relevantes en San Blas (Urcuquí) con 16.5 ha, Chugá (Pimampiro) con 11.5 ha, e Imantag (Cotacachi) con 16.6 ha.

En conjunto, el comportamiento espacial sugiere un retorno paulatino a niveles medios de afectación tras el descenso observado en 2021. Los incendios se concentraron principalmente en zonas agrícolas, áreas de transición forestal y laderas con vegetación secundaria, donde el uso del fuego continúa siendo una práctica común para la limpieza y preparación de terrenos. 94 agrupadas por cantón, año 2022

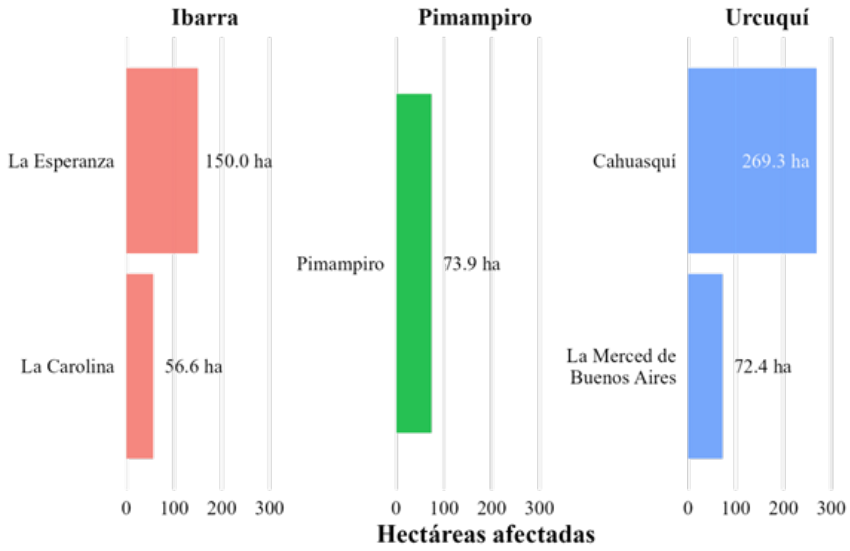


Figura 94.
Superficie afectada por incendios forestales (> 20 ha) en parroquias de Imbabura agrupadas por cantón, año 2022

6.4 Análisis de riesgos de incendios en la provincia de Imbabura

El análisis de riesgos de incendios forestales en la provincia de Imbabura se realizó mediante un enfoque geoespacial multivariable que incluyó: pendiente del terreno, uso del suelo y combustibilidad, índice de sequía, dirección del viento y el riesgo potencial total. Las variables se evaluaron sobre los cantones de Antonio Ante, Cotacachi, Ibarra, Otavalo, Pimampiro y Urcuquí, correlacionando los patrones de ocurrencia registrados entre 2013 y 2022 con los factores de riesgo.

Para la categorización del riesgo de incendio, se adoptaron los siguientes rangos:

- Muy bajo: 0–10 %
- Bajo: 10–20 %
- Medio: 20–30 %
- Alto: 30–50 %
- Muy alto o extremo: >50 %

En el caso específico de la variable combustibilidad, los niveles de riesgo fueron definidos según el tipo de cobertura del suelo:

- Muy bajo: áreas agrícolas y zonas rurales dispersas

- Bajo: pastizales
- Medio: plantaciones forestales
- Alto: bosques nativos y vegetación arbustiva
- Muy alto: páramos y zonas de alta acumulación de biomasa seca

Respecto al índice de sequía, este fue determinado a partir de registros pluviométricos, clasificando como riesgo más alto a aquellas zonas que mantuvieron condiciones de sequía prolongada por más de 60 días dentro del trimestre seco anual. En cuanto a la dirección del viento, la clasificación del riesgo se basó en los rangos angulares de incidencia, considerando lo siguiente:

- Muy alto: 0°–72°
- Alto: 288°–360°
- Medio: 216°–288°
- Bajo: 72°–144°
- Muy bajo: 144°–216°

Finalmente, la Figura 94 presenta el mapa integrado de riesgo potencial de incendios forestales en la provincia de Imbabura, el cual refleja las áreas clasificadas como de bajo, moderado, alto y extremo riesgo, resultado de la superposición ponderada de los factores anteriores. Esta representación permite identificar zonas críticas de atención prioritaria en los cantones más afectados históricamente, como Ibarra, Urcuquí, Cotacachi y Pimampiro, y sirve como base técnica para la planificación preventiva y el manejo territorial ante incendios.

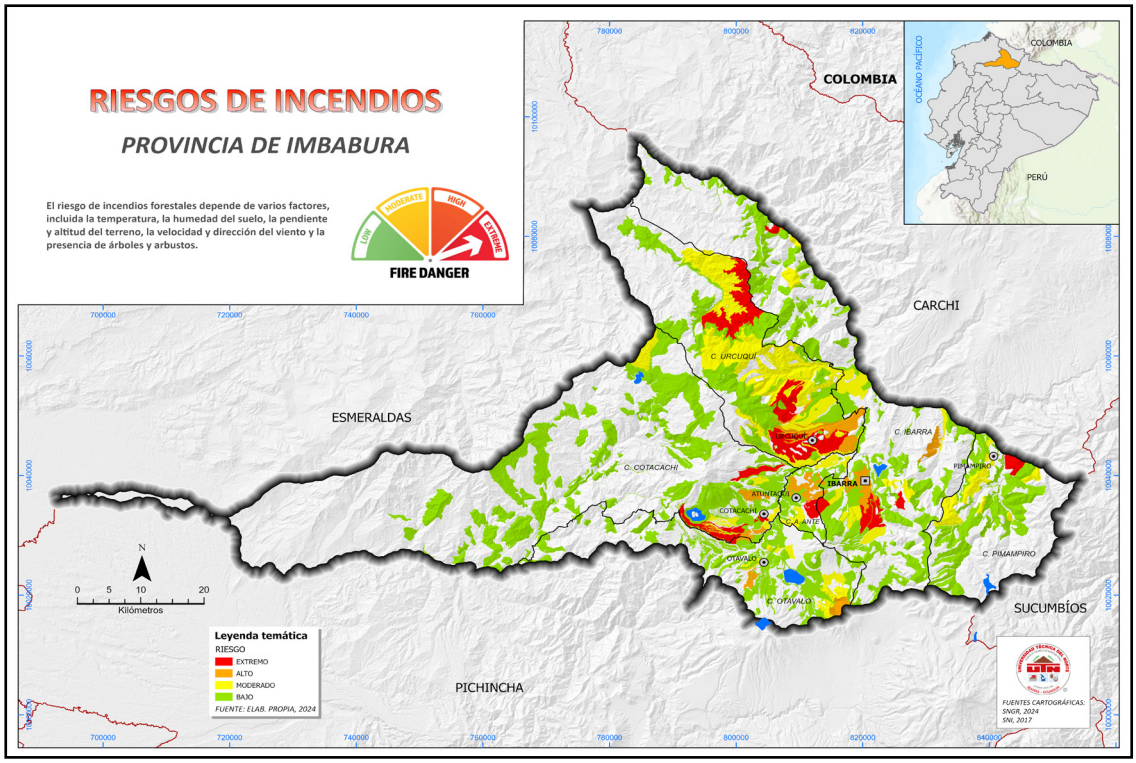


Figura 95.
Riesgo potencial de incendios forestales en la provincia de Imbabura, basado en factores topográficos, climáticos y de uso del suelo (2013–2022).

6.4.1 Pendiente del terreno

El análisis de pendientes evidencia que la mayoría de incendios entre 2013 y 2022 se concentraron en terrenos con inclinaciones superiores al 30 %, especialmente en años de alta recurrencia como 2015, 2016 y 2019. Por ejemplo, en:

- Cotacachi y Urcuquí, parroquias como Imantag, Plaza Gutiérrez y Cahuasquí reportaron incendios intensos en zonas de topografía escarpada.
- En Ibarra, las parroquias de La Carolina y Angochagua muestran afectaciones recurrentes en laderas medias y altas.

A pesar de un descenso general en 2021, se mantuvo el patrón de afectación vinculada a relieve accidentado, según los registros presentados anteriormente.

6.4.2 Combustibilidad del suelo

Se identificaron como coberturas críticas los mosaicos agropecuarios y la vegetación arbustiva, altamente inflamables durante la época seca. Particularmente:

- Los incendios en bosques nativos pasaron de representar un 5–8 % entre 2013 y 2015 a más del 12 % entre 2018 y 2022, con focos importantes en Urcuquí, Cotacachi y Ibarra. • La afectación de páramos también aumentó, especialmente en Plaza Gutiérrez, San Francisco de Sigsipamba, y sectores altos de Otavalo y Pimampiro, alcanzando hasta el 30 % del total en 2019 y 2022.

La acumulación de material vegetal seco en zonas agrícolas y bosques secundarios ha incrementado la combustibilidad latente, situación que puede observarse en la extensión de incendios incluso en años con menor frecuencia.

6.4.3 Índice de sequía

Durante la década analizada, se registraron condiciones de sequía alta o muy alta en al menos el 60 % del territorio provincial, con picos en:

- 2015, año con mayor superficie afectada (2 694 ha) y notable disminución de lluvias.
- 2019, cuando los incendios alcanzaron 3 588 ha y se observaron extensas áreas secas en la parte oriental de Ibarra y Urcuquí.

Estas condiciones propiciaron la propagación de incendios incluso en sectores de menor uso agrícola, como Imantag, Cahuasquí y los páramos de Cotacachi.

6.4.4 Dirección del viento

Más del 45 % de los incendios registrados entre 2014 y 2022 se asociaron a direcciones de viento clasificadas como altas o muy altas (según el modelo SGR, 2018). Esto es coherente con:

- La propagación rápida registrada en La Carolina (Ibarra) y San Pablo (Otavalo), donde los eventos alcanzaron superficies superiores a 300 ha en menos de 72 horas.
- Las zonas altas de Pimampiro y Urcuquí, donde la combinación de pendiente y viento propició focos extensivos incluso en años de menor frecuencia como 2016 o 2021.

6.4.5 Riesgo potencial

La Figura 94 resume el modelo de riesgo potencial integrado para el periodo 2013–2022. Las zonas clasificadas como de riesgo alto y extremo cubren gran parte de las parroquias:

- Cahuasquí, Pimampiro, Imantag, Angochagua, Plaza Gutiérrez, San Francisco, La Carolina y San Luis.
- Se observa una consolidación del riesgo crónico, independientemente de la frecuencia anual de incendios.

Incluso en años de baja incidencia como 2021, se mantuvieron zonas en estado crítico, lo que sugiere una vulnerabilidad estructural del paisaje, exacerbada por la presión antrópica (quemas no controladas, expansión agrícola, ganadería extensiva) y cambios en el régimen climático.

Bibliografía

Agüero, A. C., Pisa, J. R., Agüero, C. J., & Bugeau, A. T. (2004). Poder calorífico del bagazo de caña de azúcar. Revista de Ciencias Exactas e Ingeniería, 13(24), 33–37.

Berry, P. E. (2+002). Diversidad y endemismo en los bosques neotropicales de bajura. En M.

R. Guariguata & G. H. Kattan (Eds.), Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales (pp. 83–96). Libro Universitario Regional (EULAC-GTZ).

Carreras, A., & Tafunell Sambola, X. (2006). Estadísticas históricas de España, siglos XIX-XX (2a, Ed.). Fundación BBVA. https://EconPapers.repec.org/RePEc:fbb:booklb:2011106

Correa, M., Zuluaga, C., Palacio, C., Pérez, J., & Jiménez, J. (2009). Acoplamiento de la escala sinóptica a la escala local del campo de vientos en superficie en una región tropical con topografía compleja. Caso de estudio: el Valle de Aburrá, Antioquia, Colombia. DYNA, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 76(158), 17–27.

Cruz, H., Eckert, M., Meneses, J., & Martínez, J.-F. (2016). Efficient Forest Fire Detection Index for Application in Unmanned Aerial Systems (UASs). Sensors, 16(6), 893. https://doi.org/10.3390/s16060893

Cuerpo de Bomberos de Ibarra. (2014). Manual Administrativo-Financiero para el Cuerpo de Bomberos de Ibarra, Provincia de Imbabura. Cuerpo de Bomberos de Ibarra.

Cuerpo de Bomberos de Quito. (2025, mayo 19). Gestión operacional – Aviación de Bomberos. Gestión operacional. https://www.bomberosquito.gob.ec/aviacion-de-bomberos/gestionoperacional/

del Angel Ramos, J. G. A., & Sera, A. S. (2004). Utilización de la escala Beaufort en la determinación del potencial eólico. Ingeniería Energética, 25(1), 13-17.

Díaz García, E. R. E. (2015). Construcción de mapas de combustible forestal para detectar el peligro de incendio en un bosque de pino-encino [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. http://eprints.uanl.mx/id/eprint/9390

Fernandes, P.M.; Rossa, C.G.; Madrigal, J.; Rigolot, E.; Ascoli, D.; Hernando, C.; Guiomar,

N.; Guijarro, M. Prescribed burning in the European Mediterranean Basin. In Global Application of Prescribed Fire; Weir, J.R., Scasta, J.D., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2022; pp. 230–248.

Golder, D. (1972). Relations among stability parameters in the surface layer. Boundary-Layer Meteorology, 3, 47–58.

Henao, C. A., Cartagena, C., Múnera, S., Ochoa Jaramillo, A., Jiménez Mejía, J. F., & Osorio Arias, A. F. (2012, septiembre 9–12). Detección del fenómeno de la inversión térmica por medio de la utilización de técnicas de tratamiento digital de imágenes basadas en sistemas de video [Ponencia]. XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San José, Costa Rica. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11030

Hernández, T., García, C., & Reinhardt, I. (1997). Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soils. Biology and Fertility of Soils, 25(2), 109–116. https://doi.org/10.1007/s003740050289

Johnston, J. M., Wang, X., Lynham, T. J., Johnston, L. M., Wooster, M. J., & Paugam, R. (2017). Direct estimation of Byram's fire intensity from infrared remote sensing imagery.

International Journal of Wildland Fire, 26(8), 668–684. https://doi.org/10.1071/WF16178

Julio, G., & Giroz, G. (1975). Notas sobre el comportamiento del fuego y su aplicacion en el control de incendios forestales. BOSQUE, 18(27). https://doi.org/10.4206/

bosque.1975.v1n1-04

Larrañaga Otxoa, A., Galán Santamo, M., & Pellisa Salvadó, O. (2005, octubre). Discusión sobre el análisis de costos de las quemas prescritas en los ámbitos de pre-extinción y gestión forestal: Valoración de 6 años de experiencia en Cataluña [Ponencia]. II Conferencia Internacional sobre Estrategias de Prevención de Incendios, Barcelona, España. https://interior.gencat.cat/web/.content/home/030_arees_dactuacio/bombers/foc_ forestal/jornades_recerca_cooperacio_internacional/articles_de_recerca_en_foc_forestal/

articles_cremes_prescrites/2005_LARRANAGA_GALAN_PELLISA_Analisi-costesquemas-prescritas-Bombers.-II-int-conf-BCN.pdf

Losada Moncada, J. M. (2015). Análisis de posibles cambios a través del tiempo en la ocurrencia, intensidad y magnitud de la precipitación para tormentas extremas sobre la ciudad de Bogotá [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55253

Martínez, G. I., Zagal, V. E., Ovalle, M. C., Coûteaux, M.-M., Stolpe, N. B., & Valderrama, V. N. (2010). Litter decomposition of Acacia caven (Molina) Molina and Lolium multiflorum Lam. in Mediterranean climate ecosystems. Chilean Journal of Agricultural Research,

70(3), 454–464. https://doi.org/10.4067/S0718-58392010000300013

Martínez Ruiz, E. (2001). Manual de quemas controladas: El manejo del fuego en la prevención de incendios forestales. Ediciones Mundi-Prensa.

https://books.google.com.ec/books/about/Manual_de_quemas_controladas.html?hl=es&i d=zJ9yYqVCt8gC&redir_esc=y

Ministerio del Ambiente [MAE]. (2018). Estadísticas del patrimonio natural del Ecuador continental (2.ª ed.). https://proamazonia.org/wp-

content/uploads/2019/10/ECUADOR_Folleto_Patrimonio_Natural_compressed.pdf

Montoya, G. de J., Cepeda, W., & Eslava, J. A. (2004). Características de la turbulencia y de la estabilidad atmosférica en Bogotá. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias

Exactas, Físicas y Naturales, 28(108), 327–336. https://doi.org/10.18257/raccefyn.28(108).2004.2129

NASA FIRMS. (2024). FIRMS: Near real-time active fire data from MODIS and VIIRS. https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov

Oficina de Asistencia para Desastres & Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos [USAID/OFDA]. (2006). Curso de operaciones de prevención y control de incendios forestales: Material de referencia. USAID/OFDA. https://2012-

2017.usaid.gov/what-we-do/working-crises-and-conflict/crisis-response/resources/prevencion

OpenAI. (2025). Imagen generada con inteligencia artificial mediante ChatGPT [Imagen generada por IA].

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (1999). Guías de salud para incendios de vegetación: Documento de orientación (D. H. Schwela, J. G. Goldammer, L. H. Morawska, & O. Simpson, Eds.). Organización Mundial de la Salud.

https://www.paho.org/sites/default/files/2020-09/1999-oms-guias-incendiosvegetacion.pdf

Ortiz, O. (2006). Evolution of agricultural extension and information dissemination in Peru: An historical perspective focusing on potato-related pest control. Agriculture and Human Values, 23(4), 477–489. https://doi.org/10.1007/s10460-006-9014-4

Pasquill, F. (1961). The estimation of the dispersion of windborne material. Meteorological Magazine, 90, 20–49.

Reichard, A. A., & Jackson, L. L. (2010). Occupational injuries among emergency

responders.

American Journal of Industrial Medicine, 53(1), 1–11. https://doi.org/10.1002/ajim.20772

Ruecker, G., Leimbach, D., & Tiemann, J. (2021). Estimation of Byram's fire intensity and rate of spread from spaceborne remote sensing data in a savanna landscape. Fire, 4(4), Article 65. https://doi.org/10.3390/fire4040065

Ruiz-Corzo, R., Aryal, D. R., Venegas-Sandoval, A., Jerez-Ramírez, D. O., Fernández-Zúñiga, K. S., Lopez-Cruz, S. del C., López-Hernández, J. C., Peña-Alvarez, B., & VelázquezSanabria, C. A. (2022). Dinámica temporal de combustibles forestales y efecto del incendio en Cerro Nambiyugua, Chiapas, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 9(2). https://doi.org/10.19136/era.a9n2.3253

Santoni, P.-A., Morandini, F., & Barboni, T. (2011). Determination of fireline intensity by oxygen consumption calorimetry. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 104(3), 1005–1015. https://doi.org/10.1007/s10973-010-1256-0

Sarro, R., Pérez-Rey, I., Tomás, R., Alejano, L. R., Hernández-Gutiérrez, L. E., & Mateos, R. M. (2021). Effects of wildfire on rockfall occurrence: A review through actual cases in Spain. Applied Sciences, 11(6), Article 2545. https://doi.org/10.3390/app11062545

Stolpe, N. B. (2005). A comparison of the RUSLE, EPIC and WEPP erosion models as calibrated to climate and soil of south-central Chile. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, 55(1), 2–8. https:/doi.org/10.1080/09064710510008568

Trujillo, R. F. (2014). Seguridad ocupacional (6.ª ed.). Ecoe Ediciones. https://www.ecoeediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/Seguridad-Ocupacional.pdf

Turner, J. C. M. (1964). Descripción geológica de la Hoja 15c, Vinchina: Provincia de La Rioja. Escala 1:200.000. Carta Geológico-Económica de la República Argentina (Boletín No. 100, 89 pp.). Dirección Nacional de Geología y Minería. http://repositorio.segemar.gov.ar/308849217/543

Urrutia-Hernández, I., Rodríguez-Alfaro, B., Fleitas-Camacho, Y., Hernández-Abreu, J. A., Flores-Garnica, J. G., Martínez-Becerra, L. W., & Bonilla-Vichot, M. (2013). Efecto de quemas prescritas sobre las propiedades físico-químicas del suelo en la Estación Hidrológica Amistad. Revista Forestal Baracoa, 32(1), 43–50. https://forestbaracoa.edicionescervantes.com/index.php/fb/article/view/512 van Lierop, P., & Moore, P. F. (2019). Relaciones internacionales para reducir los impactos de los incendios forestales: Algo de historia y algunas reflexiones (Gen. Tech. Rep. PSWGTR-261, versión en español, pp. 1–16). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Estación de Investigación del Pacífico Suroeste.

https://www.fs.usda.gov/treesearch/57743

Vélez, R. (1990). Preventing forest fires through silviculture. Unasylva, 41(162). https://www.fao.org/4/t9500e/t9500e06.htm

Weisse, M., & Goldman, E. (2017, octubre 23). Global tree cover loss rose 51 percent in 2016. World Resources Institute. https://www.wri.org/insights/global-tree-cover-loss-rose-51percent-2016

Anexo 1.

Número de Incendios y Áreas Afectadas por Cantón y Parroquia en la Provincia de Imbabura en el Periodo 2013-2022

Cantón	Parroquia	2013		2014		2015		2016	
		N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)
Antonio Ante	Andrade Marín	1	2.0	1	4.0	0	0.0	0	0.0
	Atuntaqui	1	1.0	1	1.0	1	5.0	2	30.0
	Imbaya	3	52.5	1	2.5	0	0.0	0	0.0
	San Francisco de Natabuela	1	1.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0
	San José de Chaltura	5	25.5	1	0.0	1	10.0	1	5.0
	San Roque	1	0.5	1	4.0	1	10.0	1	25.0
	Total	12	82.5	6	11.6	3	25.0	4	60.0
Santa Ana de Cotacachi	Apuela	1	6.0	0	0.0	2	30.0	0	0.0
	Cotacachi	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	García Moreno	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Imantag	12	448.5	3	50.3	8	129.0	3	26.0
	Peñaherrera		0.0	0	0.0	0	0.0	1	20.0
	Plaza Gutierres	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Quiroga	5	69.8	3	21.0	4	87.0	0	0.0
	Sagrario	10	22.9	2	226.3	7	298.0	0	0.0
	San Francisco	2	4.0	0	0.0	0	0.0	2	13.0
	Vacas galindo	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	6 de Julio Cuellaje	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Total	**30**	**551.2**	**8**	**297.6**	**21**	**544.0**	**6**	**59.0**

2017		2018		2019		2020		2021		2022	
N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)
0	0.0	0	0.0	3	9.1	0	0.0	1	0.8	0	0.0
2	8.0	1	1.5	21	26.2	2	2.0	1	12.8	1	0.0
0	0.0	7	14.7		3.0	1	0.1	1	1.0	1	1.0
1	19.5	1	0.0	2	4.9	0	0.0	0	0.0	1	0.2
0	0.0	5	2.9	4	13.0	1	1.0	0	0.0	2	4.0
2	11.1	12	9.1	12	26.8	2	1.1	2	2.5	0	0.0
5	38.6	26	28.1	42	83.0	6	4.1	5	17.1	5	5.2
1	1.7	6	41.1	3	1 299.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0	0.0	1	0.1	1	1.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0	0.0	4	52.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
6	11.3	14	29.6	15	276.7	9	637.1	3	15.0	5	16.6
1	1.0	2	17.5	4	35.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0	0.0	1	336.0	0	0.0	0	0.0	1	210.4	0	0.0
5	7.9	15	12.5	11	33.8	2	0.1	0	0.0	3	12.0
5	1.3	5	12.1	14	125.5	0	0.0	1	4.0	0	0.0
2	4.8	13	14.8	12	31.6	12	33.5	1	1.0	1	0.5
0	0.0	2	10.0	2	8.9	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
20	**28.0**	**63**	**526.2**	**62**	**1 812.2**	**23**	**670.7**	**6**	**230.4**	**9**	**29.1**

Cantón	Parroquia	2013		2014		2015		2016	
		N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)
San Miguel de Ibarra	Ambuquí	17	55.5	0	0.0	1	5.0	1	65.0
	Angochagua	4	43.5	0	0.0	3	50.0	2	50.0
	Caranqui	3	3.5	0	0.0			2	117.5
	Guayaquil de Alpachaca	0	0.0	0	0.0	1	40.0	0	0.0
	La Carolina	0	0.0	0	0.0	12	413.0	4	120.0
	La Dolorosa del Priorato	0	0.0	0	0.0	1	45.0	2	26.0
	La Esperanza	0	0.0	0	0.0	2	16.0	0	0.0
	Lita	0	00	0	0.0			1	8.0
	El Sagrario	0	0.0	0	0.0	3	170.0	2	17.6
	Salinas	0	0.0	0	0.0	3	86.0	0	0.0
	San Antonio de Ibarra	0	0.0	1	48.7	2	51.0	0	0.0
	San Francisco	25	133.0	14	964.3	4	48.0	83	40.0
	San Miguel De Ibarra	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Total	**49**	**235.5**	**15**	**1 013.0**	**32**	**924.0**	**97**	**444.1**
San Luis de Otavalo	Dr. Miguel Egas Cabezas	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Eugenio Espejo	2	12.0	3	109.0	0	0.0	2	119.0
	González Suárez	1	4.0	1	70.0	3	500.0	0	0.0
	El Jordán	3	3.0	0	0.0	3	45.0	0	0.0
	Otavalo	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	San Pedro de Pataquí	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	San José De Quichinche	4	13.0	0	0.0	4	126.0	0	0.0
	San Juan De Ilumán	1	1.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	San Luis	6	20.0	1	8.0	1	8.0	0	0.0
	San Pablo	6	253.3	1	2.0			1	18.0
	San Rafael	1	6.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Selva Alegre	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Total	**24**	**312.3**	**6**	**189.0**	**11**	**679.0**	**3**	**137.0**

2017		2018		2019		2020		2021		2022	
N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)
1	1.0	11	10.7	3	3.0	3	3.2	0	0.0	3	3.2
4	735.4	9	52.6	6	12.3	12	93.8	0	0.0		
5	11.6	9	2.3	16	20.2	8	10.0	1	0.5	1	0.3
0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	1.3
11	142.6	27	293.2	20	359.0	9	108.6	2	14.1	3	56.6
0	0.0	3	1.1	6	24.2	3	6.5	0	0.0	5	19.1
0	0.0	5	3.1	9	21.0	4	3.2	1	5.0	2	150.0
1	1.0	3	1.1	1	3.0	2	1.1	0	0.0	1	1.0
1	4.0	11	13.6	14	32.2	5	22.5	2	4.3	4	8.9
1	2.0	3	16.3	4	18.9	3	2.1	0	0.0	0	0.0
1	1.4	4	2.1	12	9.1	5	7.0	1	10.0	1	0.6
4	3.1	7	3.6	13	9.2	2	16.0	1	2.0	1	1.5
0	0.0	0	0.0	12	55.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
29	**902.2**	**92**	**399.7**	**116**	**555.3**	**56**	**273.9**	**8**	**35.9**	**24**	**242.4**
0	0.0	1	5.2	3	3.4	2	4.0	0	0.0	1	0.4
1	0.1	8	3.1	2	2.0	2	0.3	1	0.0	0	0.0
3	2.8	14	10.5	7	44.0	2	0.6	0	0.0	0	0.0
1	0.1	13	23.6	10	40.0	6	68.5	1	0.9	5	2.1
0	0.0	1	4.0	7	44.0			0	0.0	0	0.0
0	0.0	0	0.0	1	5.0	0	0.0	1	2.0	0	0.0
2	0.4	17	26.4	2	2.0	1	5.0	1	0.0	1	1.0
0	0.0	4	11.1	5	0.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0
		16	25.7	11	17.5	4	120.6	1	2.0	2	1.6
3	247.6	11	3.2	6	382.9	3	13.7	1	2.0	0	0.0
0	0.0	1	0.0	1	0.8	1	1.0	0	0.0	0	0.0
0	0.0	5	29.1	1	0.5	0	0.0	1	0.1	0	0.0
10	**251.0**	**91**	**141.8**	**56**	**542.3**	**21**	**213.8**	**7**	**7.0**	**9**	**5.1**

Cantón	Parroquia	2013		2014		2015		2016	
		N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)
San Pedro de Pimampiro	Chugá	5	22.0	1	3.0	0	0.0	6	15.0
	Mariano Acosta	2	10.0	0	0.0	6	138.0	2	188.0
	Pimampiro	9	108.0	1	20.0	6	89.0	5	81.0
	San Francisco De Sigsipamba	4	80.0	2	7.0	7	134.0	4	65.0
	Total	20	220.0	4	30.0	19	361.0	17	349.0
San Miguel de Urcuquí	Urcuquí	3	14.0	7	38.0	6	61.0	3	56.5
	Cahuasquí	2	46.0	0	0.0	1	8.0	2	215.0
	La Merced De Buenos Aires	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Pablo Arenas	3	68.0	0	0.0	1	10.0	0	0.0
	San Blas	3	5.5	0	0.0	3	40.0	1	15.0
	Tumbabiro	2	1.8	1	30.0	3	42.7	2	17.0
	Total	**13**	**135.3**	**8**	**68.0**	**14**	**161.7**	**8**	**303.5**
Total Imbabura		**148**	**1 536.8**	**47.0**	**1 609.2**	**100.0**	**2 694.7**	**135.0**	**1 352.5**

2017		2018		2019		2020		2021		2022	
N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)	N° Eventos	Área (ha)
1	56.4	1	9.5	5	22.0	4	21.0	0	0.0	2	11.5
		5	29.3	1	8.0	2	5.0	0	0.0	2	3.5
4	6.0	24	232.6	11	47.9	18	135.0	2	14.0	11	73.9
		12	31.8	1	3.0	2	8.0	0	0.0	1	5.0
5	62.3	42	303.1	18	80.9	26	169.0	2	14.0	16	93.9
8	23.1	9	48.5	9	173.5	9	36.3	5	4.1	9	49.3
1	2.0	3	131.5	7	115.1	4	136.7	4	26.0	1	269.3
0	0.0	2	3.4	1	3.0	3	99.3	0	0.0	1	72.4
1	9.5	2	5.9	3	132.1	3	1.1	7	131.0	1	11.8
4	9.8	2	0.5	3	45.4	9	22.2	2	20.5	2	16.5
6	12.4	8	9.5	5	46.0	6	270		0.0	1	8.5
20	**56.8**	**26**	**199.3**	**28**	**515.0**	**34**	**322.5**	**18**	**181.6**	**15**	**427.7**
89.0	**1 338.9**	**340.0**	**1 598.2**	**322.0**	**3 588.8**	**166.0**	**1 654.0**	**46.0**	**485.9**	**78.0**	**803.3**

Cantón	Parroquia	2022	
		N° Eventos	Área (ha)
Antonio Ante	Andrade Marín	0	0.0
	Atuntaqui	1	0.0
	Imbaya	1	1.0
	San Francisco de Natabuela	1	0.2
	San José de Chaltura	2	40
	San Roque	0	0.0
	Total	5	5.2
Santa Ana de Cotacachi	Apuela	0	0.0
	Cotacachi	0	0.0
	García Moreno	0	0.0
	Imantag	5	16.6
	Peñaherrera	0	0.0
	Plaza Gutierres	0	0.0
	Quiroga	3	12.0
	Sagrario	0	0.0
	San Francisco	1	0.5
	Vacas galindo	0	0.0
	6 de Julio Cuellaje	0	0.0
	Total	**9**	**29.1**
San Miguel de Ibarra	Ambuquí	3	3.2
	Angochagua	0	0.0
	Caranqui	1	0.3
	Guayaquil de Alpachaca	3	1.3
	La Carolina	3	56.6
	La Dolorosa del Priorato	5	19.1
	La Esperanza	2	150.0
	Lita	1	1.0
	El Sagrario	4	8.9
	Salinas	0	0.0
	San Antonio de Ibarra	1	0.6
	San Francisco	1	1.5
	San Miguel De Ibarra	0	0.0
	Total	24	242.4
San Luis de Otavalo	Dr. Miguel Egas Cabezas	1	0.4
	Eugenio Espejo	0	0.0
	González Suárez	0	0.0
	El Jordán	5	2.1
	Otavalo	0	0.0
	San Pedro de Pataquí	0	0.0
	San José De Quichinche	1	1.0
	San Juan De Ilumán	0	0.0
	San Luis	2	1.6
	San Pablo	0	0.0
	San Rafael	0	0.0
	Selva Alegre	0	0.0
	Total	**9**	**5.1**

Cantón	Parroquia	2022	
		N° Eventos	Área (ha)
San Pedro de Pimampiro	Chugá	2	11.5
	Mariano Acosta	2	3.5
	Pimampiro	11	73.9
	San Francisco De Sigsipamba	1	5.0
	Total	16	93.9
San Miguel de Urcuquí	Urcuquí	9	49.3
	Cahuasquí	1	269.3
	La Merced De Buenos Aires	1	72.4
	Pablo Arenas	1	11.8
	San Blas	2	16.5
	Tumbabiro	1	8.5
	Total	**15**	**427.7**
Total Imbabura		**78,0**	**803.3**

Anexo 2.
Glosario de términos

Alótropo triatómico de oxígeno: Gas azul pálido con un olor acre característico, se presenta de manera natural en la atmósfera y a altas concentraciones en la atmósfera superior, donde se forma a partir de la acción de la radiación solar ultravioleta. En la troposfera, se forma principalmente debido a reacciones fotoquímicas con hidrocarburos y óxidos de nitrógeno.

- **Altura de llama:** Altura media de las llamas medidas en un eje vertical. Cuando la medición es efectuada para caracterizar el comportamiento del fuego, la altura de la llama determina el frente del fuego y la convectividad para determinar el incendio de copas.
- **Antorcha de goteo:** Dispositivo manual utilizado para encender fuegos y contrafuegos para mitigar y controlar los incendios forestales.
- **Antorcha:** Un solo árbol o un grupo muy pequeño de árboles que se quema desde la base del tronco hacia arriba.
- **Árbol:** Planta vivaz, erecta, fuertemente lignificada, con clara diferenciación de tronco y copa y con una talla total superior a 5 m.
- **Arbusto:** Planta leñosa, con tronco único y copa, bien diferenciados y una altura total inferior a 3 m.
- **Área base:** Es la zona donde se instala el personal que tiene a su cargo el apoyo inmediato a las operaciones de extinción, complementadas con el servicio de orden, atención de heridos y a las acciones tendentes a una posible evacuación.
- **Aridificación:** Proceso complejo que incluye aspectos climatológicos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos y ecológicos. En general, puede definirse como una evolución del paisaje hacia situaciones episódicas, periódicas o permanentes de carencia de agua.
- **Barrera contra incendio:** Cualquier obstáculo que se oponga a la propagación de un fuego. Por ejemplo, una superficie o faja desnudas de material combustible.
- **Barrera natural:** Cualquier obstrucción para la propagación del fuego; generalmente un área o faja que debido a las características de su superficie impide la propagación del fuego.
- **Barrera protectora** contra incendios: En la explotación forestal, una barrera existente o una que se construye antes de que ocurra un incendio, de la que se han quitado material inflamable y diseñado para parar los brotes de incendio. Sirve también como línea de trabajo para combatir los incendios y para facilitar el desplazamiento de equipos y hombres.
- **Barrera:** Cualquier obstáculo que se oponga a la propagación de un fuego. Por ejemplo, una superficie o faja desnudas de material combustible.
- **Batefuego:** Instrumento utilizado para ahogar el fuego por sofocación, golpeando las llamas en incendios forestales. Consiste en un mango o astil metálico o de madera terminado en una pala elástica de goma.
- **Bambi buquet:** Es un cono gigante que se encuentra adaptado a un helicóptero para captar agua con la finalidad de contrarrestar los incendios forestales.
- **Bolsa:** Un recipiente plegable instalado bajo un helicóptero. Se utiliza para recoger agua o sustancias retardantes desde una variedad de fuentes supresión. Ver Bambi buquet.
- Bolso vejiga: Una mochila portátil plegable fabricada de neopreno o de tela de nylon de alta resistencia provista de una bomba. Ver Bomba de Mochila.
- **Cabeza del incendio:** La parte de frente de un incendio por donde avanza con la

mayor rapidez e intensidad.

- **Calor:** Forma de energía que se mide en grados de temperatura y se transmite de tres maneras: conducción, convección, y radiación.
- **Capa de inversión:** Capa atmosférica donde la temperatura aumenta o permanece constante con la altura.
- **Capa de ozono:** Capa atmosférica que se encuentra aproximadamente entre 10 y 50 km sobre la superficie terrestre, donde el porcentaje de ozono es relativamente alto. Por lo general, la concentración máxima ocurre a 20 o 25 km. Brinda una protección efectiva contra los rayos solares ultravioletas.
- **Carga de combustible:** Peso seco por unidad de área de todos los combustibles pertenecientes a las distintas clases diamétricas.
- **Carga de fuego:** El número y el tamaño de incendios que históricamente han ocurrido en una unidad específica a lo largo en un período especificado (generalmente un día) con un índice especificado de peligro.
- **Carga por clase diamétrica:** Peso seco por unidad de área de los combustibles correspondientes a una clase diamétrica.
- **Carga suspendida:** Cualquier tipo de carga llevada bajo un helicóptero y fijada a este por medio de un cable guía y una articulación giratoria.
- **Causa de incendio:** La fuente de ignición que suministra la energía suficiente para la iniciación del proceso de combustión.
- **Chamuscado:** Secado de la vegetación por exposición al calor.
- **Cinturón térmico:** Área de las laderas de las montañas que presenta las menores variaciones diarias de temperatura, las mayores temperaturas medias y consecuentemente, los valores más bajos de humedad relativa media.
- **Clase de peligro:** Segmento de la escala de graduación del índice de peligro de incendios, identificado por un término descriptivo (nulo, muy bajo, bajo, moderado, alto, muy alto o extremo), valor numérico (I, II, III, IV o V) y/o un código de color (verde, azul, amarillo, naranja o rojo).
- **Clase diamétrica:** Clase en la que se clasifica a cada elemento combustible, de acuerdo con su diámetro.
- **Clima favorable a incendios:** Condiciones climáticas que influyen sobre la iniciación y comportamiento de los incendios y supresión.
- **Clima:** Condiciones medias del tiempo en un lugar determinado, establecidas mediante observaciones y mediciones de las variables meteorológicas durante períodos suficientemente largos.
- **Coeficiente de expansión:** Relación entre el volumen final de la espuma y el original de espumante que la produce. El efecto extintor de la espuma es doble: el ya descrito de aislar el combustible del aire por la capa resistente y continua de burbujas que cubre la vegetación tratada; al que se añade la mejor humectación de dicha vegetación, ya que el agua tenso activada penetra mejor por los poros de tallos y hojas; es decir, el combustible queda más mojado y además se consigue con menor cantidad de agua.
- **Cola del incendio:** La parte del borde de un fuego en que este avanza con más lentitud.
- **Columna convectiva:** Columna compuesta por el humo y las pavesas generadas por un incendio. También denominada pluma.
- **Combatiente:** Persona capacitada y entrenada para el combate de incendios rurales. Es el primer escalón inferior de la estructura de línea.
- **Combustible vivo:** Cuando su contenido de humedad es igual o mayor al 30%.
- **Combustible:** Material orgánico vegetal, vivo o muerto, subterráneo, superficial o aéreo, susceptible de ser quemado.

- **Combustibles aéreos:** Combustibles forestales fijos que no tienen contacto directo con el terreno y constan principalmente de hojas, tallos, ramas, troncos, cortezas, lianas y otras. Por lo general, se secan fácilmente y pueden conducir los incendios superficiales hacia la vegetación.
- **Combustibles de 1 hora:** El tiempo de retardación es de una hora, los diámetros varían de 0,1 a 0,6 cm.
- **Combustibles de 10 horas:** El tiempo de retardación es de 2 20 horas, los diámetros varían de 0,6 cm. y 2.5 cm.
- **Combustibles de 100 horas:** Elementos de combustible cuyo diámetro varía entre 2,5 y 7,5 cm y cuyo tiempo de retardo varía entre 20 y 200 horas. También llamados combustibles medios.
- **Combustibles de 1000 horas:** Elementos de combustible cuyo diámetro varía entre 7,5 y 20 cm y cuyo tiempo de retardo varía entre 200 y 1000 horas. También llamados combustibles pesados o gruesos.
- **Combustibles disponibles:** Combustibles que debido a su contenido de humedad y distribución, arderán durante el pasaje de un determinado frente de llamas.
- **Combustibles finos:** Combustibles tales como pastos, hojas, acículas, helechos, musgos y algunos residuos de corta que se encienden y se consumen rápidamente cuando están secos.
- **Combustibles livianos:** Combustibles de rápido secado que generalmente presentan una razón superficie/ volumen relativamente alta, de diámetro inferior a 1/4 de pulgada y caracterizados por intervalo de una hora o menos. Estos combustibles se encienden fácilmente y son consumidos rápidamente por el fuego cuando se encuentran secos.
- **Combustibles muertos:** Combustibles cuyo contenido de humedad es gobernado por el estado del medio que los rodea. Se considera al combustible como muerto, cuando su contenido de humedad es menor al 30%.
- **Combustibles pesados:** Elementos de combustible de diámetro grande como por ejemplo fustes muertos, troncos o grandes ramas que se encienden y consumen más lentamente que los combustibles finos.
- **Combustibles subterráneos:** Todo material combustible ubicado bajo la superficie del suelo; se incluyen ramitas, mantillo, raíces, elementos en descomposición y otros combustibles leñosos.
- **Combustibles superficiales:** Aquellos combustibles que se encuentran localizados sobre la superficie del suelo o inmediatamente por encima de ella y hasta una altura de 1.80 m.
- **Combustibles vivos:** Plantas vivas, tales como árboles, hierbas, y arbustos, en los cuales el ciclo estacional de contenido de agua es controlado en gran parte por mecanismos fisiológicos internos en lugar de ser determinado por influencias climáticas externas.
- **Combustibles:** Las sustancias existentes en el monte que pueden arder.
- **Combustión:** Reacción química en la cual un material se combina con el oxígeno durante la evolución del calor: "quema".
- **Dedos de fuego:** Angostas elongaciones del perímetro del fuego que se extienden hacia el exterior del área principal afectada por el mismo.
- **Dehesa o monte abierto:** Los árboles cubren menos del 20 x 100 de la superficie. Matorral y monte bajo: vegetación leñosa de porte arbustivo.
- **Densidad de carga efectiva:** Carga de combustible por unidad de volumen llevada a la ignición por delante del frente de llama.
- **Densidad de carga real:** Carga de combustible por unidad de volumen. Razón entre la masa de aire y el volumen ocupado por ella.
- **Desmalezar:** Desbrozar el monte bajo o quemarlo para dedicarlo al cultivo u otro fin.
- **Desmovilización:** Tareas que involucran la retirada de los medios afectados a las

tareas de supresión; ya sea porque finalizaron etapas de trabajo o a fin de cumplir con normas de seguridad establecidas.

- **Detección de puntos calientes:** Reconocimiento del área afectada por el fuego con el objeto de determinar puntos de alta temperatura o fuego. Actividad normalmente realizada en la etapa de liquidación.
- **Detección infrarroja:** El uso de equipo de detección térmica conocido como escáner infrarrojo permite la detección temprana de incendios forestales
- **Detección:** La acción de descubrir y localizar incendios incipientes y focos secundarios.
- **Disponibilidad:** Condición de la cama de combustibles, referida a la presencia de combustibles disponibles.
- **Equilibrio del contenido de humedad:** El contenido de humedad que adquirirán las partículas de combustible si se exponen por un período indefinido a un ambiente de temperatura y humedad constantes. Cuando en las partículas de combustibles una partícula alcanza su contenido de humedad de equilibrio y el intercambio neto de humedad entre esta y su entorno es cero.
- **Equipo de ataque:** Combinaciones especificadas de la misma clase y tipo de recursos tal como un grupo de vehículos-bomba con tripulación- con comunicaciones y jefes comunes.
- **Equipo para supresión de incendios:** Es el conjunto de recursos materiales, herramientas, maquinarias, vehículos e instrumentos especiales, destinado a la ejecución de actividades de supresión de incendios.
- **Escalera de combustibles:** Distribución de los combustibles en la vertical que facilita el ascenso del fuego desde los combustibles de superficie hacia las copas de los árboles.
- **Espuma:** Mezcla de espumante y aire (u otro gas), formando un agregado estable de burbujas, que al fluir libremente sobre la superficie de la vegetación tratada forma una capa resistente y continua que la aísla del aire e impide la salida a la atmósfera de gases volátiles combustibles.
- **Espumógenos:** Como retardantes a corto plazo cuyos efectos duran hasta que el agua se evapore. Se utilizan principalmente espumas y viscosantes. Los diferentes espumógenos que se comercializan para su empleo en incendios forestales son del tipo de "detergentes", pero específicamente fabricados para tratar el combustible forestal.
- **Estrategia:** Plan de acción para el combate de un incendio que considera la asignación más eficiente de los recursos humanos y del equipamiento, considerando los valores amenazados, el comportamiento potencial del fuego, las restricciones legales y los objetivos establecidos para el manejo de los recursos.
- **Evaporación:** Proceso por el cual los líquidos pasan al estado gaseoso.
- **Extinción:** Etapa en las tareas de supresión, en la cual se han finalizado las tareas de liquidación en toda la superficie; simultánea a la guardia de cenizas.
- **Extintores de mochila:** Aparato aplicador de agua en chorro lleno o pulverización, constando de un depósito de transporte dorsal, latiguillo de conexión y bomba (lanza) de accionamiento manual.
- **Faja cortafuegos:** Es una faja de anchura fija en la que se elimina la vegetación hasta descubrir el suelo mineral.
- **Fase de preignición:** Fase de un fuego durante la cual los combustibles se calientan hasta la temperatura de ignición.
- **Flanco de un incendio:** Se denominan flancos a los bordes de un incendio comprendidos entre la cabeza y la cola.
- **Foco secundario:** Foco producido por pavesas transportadas por la columna de convección y/o el viento o material rodante, provenientes del incendio principal.

- **Frente de un incendio:** La parte de un incendio que avanza con más fuerza, generalmente a favor del viento o hacia arriba en los terrenos pendientes.
- **Fuego:** Reacción química que consiste en la oxidación violenta de la materia combustible; se manifiesta con desprendimientos de luz, calor, humos y gases en grandes cantidades.
- **Fuego controlado:** Es aquel fuego en el cual se ha completado las tareas de control.
- **Fuego de contención:** Incendio que se produce entre el incendio principal y el contrafuego para acelerar la propagación de este último. El fuego de contención a veces se denomina incendio frontal.
- **Fuego de copas:** Fuego que avanza por las copas de los árboles. Es un fuego de gran intensidad, de rápido desplazamiento, conducido generalmente por el viento. Fuego de prueba.
- **Fuego de subsuelo:** El que se propaga bajo la superficie. Fuego que se propaga a través de combustibles existentes bajo el nivel del suelo. Ver Fuego subterráneo.
- **Fuego de superficie:** El que se extiende quemando el tapiz herbáceo y el matorral. Fuego que consume sólo el mantillo superficial, la hojarasca, las ramas caídas y la vegetación de escasa altura.
- **Fuego dominado:** Aquel al que se ha conseguido aislar y contener, quedando así bajo control.
- **Fuego extinguido:** Aquel en el que ya no existe peligro de reproducción, por no quedar en él materiales en combustión ni calientes.
- **Fuego frontal:** Fuego que avanza a favor del viento y/o la pendiente.
- **Fuego inactivo:** Fuego que no presenta actividad por un considerable período de tiempo.
- **Fuego natural prescrito:** Fuego originado por una fuente de ignición natural, que se deja arder bajo condiciones ambientales previamente establecidas y para el logro de objetivos de manejo de una unidad territorial.
- **Fuego prescrito:** Cualquier incendio iniciado bajo condiciones controladas y predeterminadas con el fin de cumplir objetivos específicos relacionados con la eliminación de combustibles peligrosos o con el mejoramiento del hábitat.
- **Fuego rastrero:** Fuego que se propaga a través de combustibles superficiales con llama de escasa altura y baja velocidad de propagación.
- **Fuego sofocado:** Aquel fuego en cuyo borde se han apagado las llamas.
- **Garitas de vigilancia:** Torres o casetas de observación dotadas de un vigía que tiene como finalidad descubrir focos o indicios de posibles incendios forestales.
- **Gradiente adiabático seco:** Gradiente adiabático de aire seco y aire húmedo no saturado. Su valor es aproximadamente 10°C/km.
- **Gradiente adiabático:** Gradiente vertical de temperatura de una masa de aire.
- **Hacha-azada:** Herramienta compuesta de una placa acerada con dos filos opuestos en planos perpendiculares y un ojo central para enastarla en un mango de madera.
- Helitanquer: Helicóptero equipado con un helitanque.
- **Herramientas manuales:** Herramientas de trabajo utilizadas por los combatientes, para la supresión del fuego. Pueden clasificarse según su función en herramientas de corte, raspado, cavado y sofocado.
- **Humedad del combustible:** La cantidad de humedad presente en combustibles expresada como porcentaje del peso una vez prolijamente seco a 212 °F. También conocido como contenido de humedad del combustible.
- **Humedad relativa del aire húmedo respecto al agua:** Proporción de la fracción molecular de vapor de agua en el aire en relación con la fracción molecular correspondiente si el aire se saturara con respecto al agua a una presión y temperatura específica.

- **Humo:** Aerosol producido por combustión, descomposición térmica o evaporación térmica.
- **Ignición tipo Antorcha:** La ignición y llamaradas de un árbol o de un grupo pequeño de árboles, generalmente de abajo hacia arriba.
- **Incendio controlado:** Es aquel que se ha conseguido aislar y detener su avance y propagación.
- **Incendio de copas:** Incendio que se expande por árboles o arbustos de copa en copa, de manera más o menos independiente del incendio superficial.
- **Incendio de vegetación:** Fuego que se propaga por la vegetación, pudiendo afectar estructuras y con efectos no deseados por el hombre.
- **Incendio forestal o incendio de monte:** Siniestro que se presenta en aquellas áreas cubiertas por vegetación, como árboles, pastizales, malezas y matorrales y en general, en cualesquiera de los diferentes tipos de asociaciones vegetales, cuando se dan las condiciones propicias para que accionen los elementos que concurren en todo incendio, tales como suficiente material combustible y una fuente de calor para iniciar el fenómeno.
- **Incendio masivo:** Incendio producido por varias igniciones simultáneas. Estos incendios generan altos niveles de energía.
- **Incendio rural:** Incendio que se desarrolla en áreas rurales, afectando vegetación boscosa, matorrales, arbustales y/o pastizales. Incluye asimismo a los incendios de interfase.
- **Incendio superficial:** Incendio que solo quema basura en la superficie, otros residuos del suelo forestal y pequeñas cantidades de vegetación.
- **Incendio:** Fuego grande que quema combustibles que no estaban destinados a arder.
- **Índice de ocurrencia:** Indicador cuantitativo y/o cualitativo de la incidencia potencial de focos dentro de un área determinada. Se deriva del riesgo y de la facilidad de ignición.
- **Índice de peligro:** Indicador cuantitativo y/o cualitativo del peligro de incendios.
- **Índice de propagación:** Indicador cuantitativo y/o cualitativo de la velocidad de propagación pronosticada para el fuego en un determinado tipo de combustibles y en una determinada pendiente bajo condiciones meteorológicas específicas.
- **Índice de quema:** Indicador cuantitativo y/o cualitativo del esfuerzo potencial necesario para contener un incendio en un tipo de combustible en particular, dentro de un área determinada y durante un período específico.
- **Índice de riesgo:** Indicador cuantitativo y/o cualitativo de la probabilidad de que un área esté expuesta a una fuente de ignición, ya sea natural o antrópica.
- **Índice de sequía Keech Byram:** Índice de sequía de uso común adaptado para el manejo de incendios que contiene un rango numérico que va desde 0 (sin deficiencia de humedad) a 800 (sequía máxima). Se dispone de mapas actualizados en línea.
- **Índice de sequía:** Un número que representa el efecto neto de la evaporación, transpiración, y precipitación en la causa del agotamiento acumulativo de la humedad en las capas profundas detrito o en las capas superiores del suelo.
- **Inflamabilidad:** Facilidad relativa con la cual una sustancia entra en ignición y sostiene la combustión.
- **Intensidad del fuego:** Tasa a la cual el fuego produce energía térmica. Un término general que se refiere a la energía térmica liberada por un incendio.
- **Intensidad radioactiva:** Tasa de emisión de radiación térmica, ya sea a través de todo el espectro electromagnético o dentro de un cierto rango de longitudes de onda. En incendios rurales.
- **Inversión de la temperatura:** Distribución vertical de la temperatura, de manera que esta aumente con la altura.

- **Inversión de subsidencia:** Inversión de temperatura producida por el fenómeno de subsidencia.
- **Inversión térmica:** Incremento de la temperatura del aire con la altura.
- **Isla:** Área sin quemar, encerrada dentro del perímetro de un incendio.
- **Jefe de brigada:** Persona a cargo de un grupo de cuadrillas, y responsable de las tareas que estas desarrollan en la supresión de incendios.
- **Jefe de cuadrilla:** Persona a cargo de un grupo de personas, y responsable de las tareas que estas desarrollan en la supresión de incendios.
- **Jefe de extinción:** Persona que desde el Puesto de Mando Avanzado ejerce la dirección técnica de las labores de control y extinción de un incendio.
- **Jefe de incendio:** Persona que posee total autoridad y responsabilidad sobre las actividades de supresión y servicios de un incendio determinado.
- **Latifoliadas:** Todos los árboles clasificados del punto de vista botánico como Angiosperma. Algunas veces se refiere a ellos con el término "no coníferas" o "árboles de madera dura".
- **Línea cortafuego provisoria:** Una línea de control del fuego establecida provisionalmente, o construida apresuradamente como medida de emergencia para retardar la propagación de un incendio.
- **Línea cortafuego:** Trazado en el cual han sido removidos los combustibles sobre la superficie y la capa orgánica del terreno, hasta llegar al suelo mineral. También denominada faja, línea de fuego, línea de defensa o línea.
- **Línea de control del fuego:** Una barrera linear contra el fuego que ha sido raspada o cavada hasta llegar al suelo mineral después de haber despejado toda la vegetación.
- **Línea de control:** Línea establecida en el Plan de Supresión como proyecto del perímetro que podría alcanzar el incendio una vez controlado. Incluye todas las barreras naturales o construidas. Secas o húmedas utilizadas para contener y/o controlar el fuego.
- **Línea de cortafuego:** Trazado en el cual han sido removidos los combustibles sobre la superficie y la capa orgánica del terreno, hasta llegar al suelo mineral. También denominada faja, línea de fuego, línea de defensa o línea.
- **Línea de defensa:** Es una faja estrecha o senda limpia de matorral que puede usarse para el movimiento por el monte y que, en caso de incendio, puede limpiarse rápidamente con herramientas manuales para apoyar un cortafuego.
- **Liquidación:** Etapa en las tareas de supresión posterior a la de control del incendio, en la cual se extinguen todos los focos que permanecen ardientes, tanto en el perímetro como en el interior del mismo.
- **Manejo de combustibles:** Práctica de reducir la carga y/o inflamabilidad de los combustibles, a través de medios mecánicos, químicos o biológicos, o mediante el uso de fuego.
- **Manejo de incendios:** Todas las actividades que se requieren para proteger del fuego a los bosques y otros tipos de vegetación propensas a incendiarse, al igual que la utilización del fuego para satisfacer los fines y objetivos del manejo de los suelos.
- **Manejo del fuego:** Actividades que involucran la predicción de la ocurrencia, el comportamiento, los usos y los efectos del fuego, como también la toma de decisiones adecuadas a cada caso de acuerdo con los objetivos planteados.
- **Marcador biológico:** Cualquier parámetro usado para medir la interacción entre un sistema biológico y un agente ambiental, ya sea químico, físico o biológico.
- **Masa:** Conjunto de árboles u otras plantas forestales que pueblan una superficie dada.
- **McLeod:** Herramienta utilizada en el combate de incendios forestales, constituida por una hoja de acero con un lado cortante (tipo azadón) y el otro con forma de rastrillo. Sus

funciones son de raspado, cavado y ocasionalmente de corte.

- **Metano:** Gas incoloro, inodoro, cuya fórmula es CH4. Es inflamable y con el aire produce mezclas explosivas.
- **Microclima:** Clima a que están sometidos en realidad los vegetales de los diferentes estratos que constituyen una comunidad. Conjunto de condiciones climáticas existentes en un área pequeña, definida con precisión, o en sus inmediaciones.
- **Motosierra:** La motosierra es una máquina compuesta por un conjunto motor que mediante un sistema de embrague y transmisión pone en movimiento a una cadena cortante que se desliza por una guía o espada de longitud variable, según el tipo de árbol a apear.
- **Observador:** La persona responsable por seleccionar el lugar donde aterrizarán los bomberos paracaidistas y por supervisar todos los aspectos de la operación.
- **Pala:** Herramienta compuesta de una placa acerada, ligeramente cóncava, de forma ojival, con filo en su contorno lateral y ojo en su zona posterior para enastarla en un mango de madera.
- Pastizales: Vegetación herbácea. Superficie no forestal: Si el fuego forestal alcanza a zonas agrícolas o urbanizadas, se diferencia su superficie en esta clase.
- **Pavesas:** Fragmento pequeño que salta de una materia inflamada y se convierte en ceniza. (Chispas).
- **Período de combustión:** Tiempo total requerido por un componente de combustible específico, para quemarse completamente.
- **Período de propagación:** Porción de cada período de 24 horas cuando los incendios se propagan con mayor rapidez, típicamente a partir de las 10:00 mañana hasta el ocaso.
- **Plan de ataque:** Método de actuación que se decide para un incendio determinado, teniendo en cuenta las circunstancias que concurren.
- **Plan de implementación contra incendios forestales:** Un plan operacional desarrollado en forma progresiva que contiene un análisis y una selección de estrategias y una descripción de las acciones apropiadas que se deben tomar ante un incendio forestal provocado en beneficio de los recursos.
- **Plan de manejo de incendios:** Un plan estratégico que define un programa de manejo de incendios prescritos e incendios de zonas silvestres y documenta el Plan de Manejo de Incendios de acuerdo al programa aprobado de utilización del suelo. El plan se complementa con otras iniciativas operacionales tales como programas de preparación, programas de despacho pre-planificados, programas de prescripción de incendios y programas de prevención.
- **Plan de manejo del fuego:** Estamento de políticas y acciones prescriptas con respecto a los incendios rurales y al uso del fuego en una determinada región.
- **Plan de quema:** Este documento proporciona al jefe de quema del incendio prescrito toda la información necesaria para implementar un incendio de este tipo. También se conoce como plan de incendio prescrito.
- **Plan del incendio prescrito:** Este documento proporciona al jefe de quema del incendio prescrito toda la información necesaria para implementar un incendio de este tipo. También conocido como plan de quema.
- **Planificación previa al ataque:** Planificación de incendios dentro de porciones señaladas del terreno que incluye los siguientes elementos: ubicación de líneas de fuego, campamentos, fuentes de agua, lugares para helicópteros, sistemas de transporte, tasas probables de desplazamiento y limitaciones para este en diversos tipos de unidades de ataque, construcción de líneas de fuego específicas, tasa probable de construcción de líneas, limitaciones topográficas en la construcción de líneas, etc.
- **Precalentamiento:** Cantidad de energía requerida para llevar los combustibles a la ignición.

- **Precipitación:** Hidrometeoro que comprende la caída de un conjunto de partículas. Las formas de precipitación son: lluvia, nieve, gránulos de nieve, bolas de nieve, polvo de diamante, granizo y bolas de hielo.
- **Preignición:** Proceso por el cual el combustible se prepara para mantener la combustión, a través del precalentamiento y la pirólisis.
- **Prescripción de quema:** Documento escrito en el que se definen los objetivos de las quemas y las condiciones ambientales requeridas para el logro de los mismos.
- **Prescripción:** Criterios mensurables que definen las condiciones bajo las cuales se puede iniciar un incendio prescrito, orientan la selección de estrategias de manejo apropiadas y señalan otras acciones requeridas. Los criterios aplicables a la prescripción pueden incluir consideraciones relacionadas con aspectos económicos, de seguridad, de salud pública, del medio ambiente, geográficas, administrativas, sociales o legales.
- **Prevención de incendios:** Todas las medidas tomadas dentro del manejo de los incendios: el manejo forestal, la utilización de los bosques y la relación con quienes utilizan los suelos y el público en general que puedan dar como resultado la prevención del brote de incendios o la reducción de la severidad y propagación de estos. Actividades dirigidas a reducir el peligro de incendios que incluyen la educación pública, la legislación y el manejo de los combustibles, entre otras.
- **Proceso adiabático:** Proceso que se desarrolla dentro de un sistema (p. ej.: una parcela de aire), sin que se produzca intercambio de energía con el entorno. En un proceso adiabático, la compresión siempre resulta en un calentamiento y la expansión en un enfriamiento.
- **Propagación a través del viento:** Comportamiento de un incendio caracterizado por la producción de chispas o pavesas que son transportadas por el viento para comenzar nuevos incendios más allá de la zona donde arde el incendio principal.
- **Propiedades químicas de los combustibles:** Sustancias presentes en los combustibles, que pueden retardar o incrementar la velocidad de combustión, como minerales, aceites, resinas, cera o brea.
- **Pulaski:** Herramienta utilizada para cortar y zanjar que combina una hoja de acero con dos filos, uno en forma de hacha y el otro en forma de azada. Muy útil para cortar, raspar o cavar en el detrito y bajo raíces enmarañadas. Herramienta diseñada especialmente para cortar.
- **Punto de inflamación:** Temperatura a la cual el combustible es capaz de emitir gases que formen llamas al ser puestos en contacto con una fuente térmica piloto. Si la llama se extiende al combustible, este combustiona con inflamación.
- **Quema controlada:** Incendio prescrito que ocurre en un área específica y dentro de límites bien definidos. Se usa para reducir el peligro de combustión, como un tratamiento en la silvicultura o con ambos fines.
- **Quema de desechos:** Un fuego encendido originalmente con el fin de despejar el terreno o quemar desperdicios, basura, pastos, o rastrojos.
- **Quema en franjas:** Técnica que consiste en encender franjas o fajas de combustibles paralelas y de ancho variable, en dirección perpendicular a la línea de defensa o control. La quema puede realizarse con viento o ladera en contra, cuando se realiza una quema prescripta o con viento o ladera a favor, cuando se trabaja con contrafuego.
- **Quema frontal:** Técnica de encendido en la que se espera que el fuego se propague a favor del viento.
- **Quema perimetral:** Técnica de quema o rozado, en la que los fuegos se fijan a lo largo de los bordes de un área permitiendo que se propague hacia el centro.
- **Quema por flancos:** Técnica que consiste en encender fuego en líneas paralelas

a la dirección del viento y en sentido contrario al mismo. El fuego se propaga en dirección perpendicular al viento.

- **Quema prescrita:** Aplicación controlada de incendios en vegetación en estado natural o modificado, bajo condiciones ambientales específicas para restringir el incendio a un área determinada y a la vez, producir la intensidad de calor y la tasa de propagación requeridas para alcanzar los objetivos planificados del manejo de recursos. Quema de vegetación dentro de un área acotada, efectuada bajo condiciones predeterminadas tales, que permitan el logro de los objetivos de manejo establecidos.
- **Quemas agrícolas:** Son las quemas de residuos agrícolas, quemas de rastrojos, etcétera, para preparación del terreno, realizadas sin tomar las precauciones necesarias, de manera que el fuego se pasa al monte, quemando lo que no estaba previsto.
- **Rastrillo-azada:** Herramienta compuesta de una placa plana de acero estampado con seis dientes gruesos en un lado y corte en el opuesto y provista de un casquillo de acero en su parte central, para enastar perpendicularmente a un mango de madera.
- **Rebrote:** Foco originado por la reactivación de restos de material en combustión, en un área previamente afectada por el fuego.
- **Reconocimiento aéreo:** Utilización de aeronaves con el fin de observar y evaluar el comportamiento de incendios, la presencia de recursos en riesgo, la actividad de supresión y otros factores críticos que puedan ayudar a tomar decisiones sobre las estrategias y tácticas requeridas para la supresión de incendios. Suele ser abreviado de dos formas: 'aerial recon' o simplemente 'recon' en el idioma inglés.
- **Reconocimiento:** Exploración evaluativa de un incendio y sus inmediaciones para obtener la información necesaria para los planes de supresión.
- **Riesgo de incendio:** Probabilidad de que exista una fuente de ignición. Probabilidad de que se produzca un incendio en una zona y en un intervalo de tiempo determinados.
- **Riesgo por causas humanas:** Número relacionado con el número esperado de fuentes de ignición producidas por el hombre, capaces de originar un foco en un área y período determinados.
- **Riesgo por rayos:** Número relacionado con el número de rayos, capaces de originar un foco en un área y período determinados.
- **Ruta de escape:** Ruta que permite alejarse de áreas de peligro; la misma debe estar planificada en forma previa a la asignación de grupos de trabajo en determinado lugar.
- **Silvicultura preventiva:** Término que hace referencia al conjunto de operaciones realizadas en el bosque o monte, también llamadas labores culturales (p. ej.: limpiezas de matorral, clareos, raleos, podas) que tienen como fin la disminución de la cantidad de combustibles para reducir el peligro de incendio.
- **Superficie arbolada:** Incluye las superficies recorridas por el fuego y cubiertas de árboles productores de madera, leña, resina, corcho o frutos forestales. Para que estas superficies sean consideradas arboladas el coeficiente de superficie cubierta debe ser superior al 20%.
- **Superficie no arbolada:** Si el fuego afecta solamente a los matorrales o pastos, incluyendo los situados entre los árboles sin dañar estos, aunque las copas puedan perder hojas o algunas ramas se considera la superficie como no arbolada y se distribuye en las clases siguientes:
- **Táctica:** Ejecución de las tareas de combate de acuerdo a la estrategia definida. Consiste por lo tanto en la aplicación de la estrategia.
- **Temporada de incendios:** Parte del año en la que es más probable la ocurrencia y propagación de incendios, cuyo periodo es variable de acuerdo al clima y vegetación de cada región.

- **Termómetro:** Instrumento para medir temperatura. El más comúnmente utilizado. Es el que consiste de un tubo de vidrio graduado sellado que contiene un capilar de vidrio ocupado por mercurio.
- **Tipo de combustible:** Es una asociación de elementos combustibles identificables de especies distintivas, forma, tamaño, arreglo y otras características que pueden producir una velocidad de propagación del fuego predecible o dificultades para el control bajo condiciones meteorológicas específicas.
- Topografía: Configuración de la superficie de la tierra que incluye su relieve y la posición de su fisonomía natural y artificial.
- **Triángulo de comportamiento del fuego:** Herramienta didáctica en la cual cada lado de un triángulo equilátero se refiere a una de los tres principales componentes del entorno del fuego, responsables del comportamiento del mismo (meteorología, combustibles y topografía). También llamado triángulo del entorno del fuego.
- **Triángulo de fuego:** Herramienta didáctica en la cual cada lado de un triángulo equilátero se refiere a los tres factores necesarios para la combustión y producción de llama (oxígeno, calor y combustible).
- **Vectores de viento:** Direcciones del viento utilizadas para evaluar el comportamiento de incendios.
- **Velocidad de avance:** La velocidad con que progresa la cabeza del fuego.
- **Velocidad de propagación:** Variable del comportamiento del fuego que generalmente expresa la velocidad de desplazamiento del frente de llamas, aunque también puede referirse a otros sectores del perímetro.
- **Velocidad de reacción:** Variable dinámica que indica la velocidad del consumo completo del combustible.
- **Vía de escape:** Ruta que permite alejarse de áreas de peligro; la misma debe estar planificada en forma previa a la asignación de grupos de trabajo en determinado lugar.
- **Viento convectivo:** Circulaciones de aire que se originan por diferencias locales de temperatura. También llamados vientos locales.
- **Virga:** Precipitación que se evapora antes de alcanzar la superficie de la tierra.
- **Viscosantes:** Son productos que mezclados con el agua aumentan notablemente la viscosidad. Su uso inicial estaba motivado por dos causas principales: que la descarga de aviones no sufriera dispersión y que el agua con viscosante o mezclada con retardante se adhiriera a la vegetación para conseguir una impregnación del combustible y evitar que la mezcla se perdiese al caer a tierra. Como viscosantes se usan arcillas, gomas, mucílagos y polímeros de polvo.
- **Visibilidad:** Mayor distancia a la cual se puede identificar un objeto negro de dimensiones apropiadas contra el cielo del horizonte, ya sea durante el día o la noche si la iluminación general llega al nivel normal de la luz del día.
- **Vulnerabilidad:** Grado de pérdidas o daños que pueden sufrir, ante un incendio forestal, la población, los bienes y el medio ambiente.
- **Zona de lanzamientos:** Área objetivo para aviones cisterna, helicópteros y lanzamientos de carga.
- **Zonas de seguridad:** Un área de escasa vegetación que separa a zonas de cobertura vegetal de zonas residenciales o comerciales altamente vulnerables. Esta barrera es similar a una franja verde que en general es utilizada para otros propósitos como la agricultura, áreas de recreación, parques, o campos de golf.

EDITORIAL UTN
IBARRA - ECUADOR

ISBN: 978-9942-572-28-8