



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú – Decana de América)



CERSEU
Centro de Responsabilidad Social y Extensión Universitaria)
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA



GUÍA PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL (EXTINCIÓN) DE INCENDIOS FORESTALES

SOLO TÚ PUEDES PREVENIR LOS INCENDIOS FORESTALES



Jorge Eduardo Loayza Pérez
María Verónica Carranza Oropeza
Jean Pierre León Bravo
Paul Martin Saavedra Carrasco

2023

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	3
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 1 QUÍMICA DEL FUEGO	8
CAPÍTULO 2 INCENDIOS FORESTALES	11
CAPÍTULO 3 IMPACTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES	17
CAPÍTULO 4 CAUSAS DE LOS INCENDIOS FORESTALES	25
CAPÍTULO 5 EXTINCIÓN DE UN INCENDIO FORESTAL	36
CAPÍTULO 6 RESTAURACIÓN DE ZONAS AFECTADAS POR LOS INCENDIOS FORESTALES	46
CAPÍTULO 7 INVESTIGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES	55
ANEXOS	
<i>ANEXO 1 NORMATIVIDAD</i>	<i>62</i>
<i>ANEXO 2 GLOSARIO DE TÉRMINOS</i>	<i>64</i>
<i>ANEXO 3 GUÍA RÁPIDA PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS FORESTALES</i>	<i>67</i>

PRESENTACIÓN

Los incendios forestales son eventos no deseados ni planeados, que se originan no sólo a nivel nacional, sino también a nivel internacional (o mundial) y por diversas causas, las cuales pueden ser naturales (por la propia dinámica planetaria), antrópicas (por actividades humanas) o combinadas. A su vez las antrópicas, pueden ser no intencionales (ocurren en la mayoría de los casos, su objetivo no es originar un incendio) o intencionales (ocurren en la minoría de los casos, su objetivo es originar un incendio en forma premeditada). Pero, independientemente de su origen o de sus causas, los incendios forestales deben ser prevenidos por los graves impactos (o consecuencias) que generan, pudiendo ser impactos ambientales, sociales y económicos.

Los incendios forestales son recurrentes a nivel nacional, por ello es necesario sensibilizar y concientizar a la población de zonas vulnerables (zonas que son potencialmente susceptibles de sufrir este tipo de contingencias), para prevenirlos y estar preparados para hacerles frente; es decir, para controlarlos y combatirlos.

Es por ello que, en el mes de septiembre del año 2022, se formó en la Facultad de Química e Ingeniería Química el Grupo Incendios Forestales, integrado por docentes y estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Química, con la finalidad de realizar un Proyecto de Responsabilidad Social Universitaria a nivel externo, conocido como Intervención (según los lineamientos de la propia universidad). En este caso, la intervención no ha sido focalizada, sino que cubre todo el espectro a nivel nacional, mediante la redacción de una Guía para la Prevención y Control (Extinción) de Incendios Forestales, así como de una versión simplificada (Guía Rápida).

La Guía, consta de una Presentación (sobre formación del grupo y la intervención) y una Introducción (sobre los objetivos del Desarrollo Sostenible que esta intervención, *pretende contribuir a su cumplimiento*). Está estructurada por Capítulos. En el Capítulo 1, se trata sobre el fuego y sus elementos; así como, sobre el incendio y sus elementos. En el Capítulo 2, se analizan los incendios

forestales, sus tipos y sus partes, en relación a cada uno de los tipos. En el Capítulo 3, se identifican completamente las consecuencias ambientales, sociales y económicas de los incendios forestales. Capítulo 4, se estudian sus causas y los factores que contribuyen a que un incendio forestal se propague. En el Capítulo 5, se indican los métodos de control y las formas de combatir un incendio (o extinguirlo). En el Capítulo 6, se describen diferentes formas para restaurar las zonas afectadas por los incendios forestales. En el Capítulo 7, se presenta una metodología para la investigación de los Incendios Forestales. La presente Guía contiene tres Anexos. En el Anexo 1, se presenta un resumen de la Normativa aplicable, en el Anexo 2 se consigna un Glosario y en el Anexo 3, se propone una Guía Rápida para la Prevención y el Control (Extinción) de los Incendios Forestales.

INTRODUCCIÓN

El Perú está comprometido con el logro del Desarrollo Sostenible, para ello debe cumplir con sus compromisos internacionales rumbo al 2030. Los incendios forestales, por sus impactos, retrasan el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS). No se debe olvidar que los ODS son una parte muy importante de la Agenda para el 2030, que corresponde al plan de acción que 193 países, entre ellos el Perú, se han comprometido a cumplir. Los ODS buscan conseguir un planeta más justo y sostenible, donde nadie se quede atrás. Las acciones que se pongan en marcha para avanzar hacia los ODS deben estar dirigidas a que los pueblos y su ambiente natural, estén siempre en el centro de nuestras prioridades, para conseguir justicia, paz y prosperidad.

Figura 1 Objetivos del Desarrollo Sostenible



En la presente Guía se han identificado los siguientes ODS, relacionados con la prevención y el control de, los incendios forestales y que deben ser cumplidos por nuestro país:

ODS 1: FIN DE LA POBREZA. Meta relacionada con la intervención: Un incendio forestal puede ocasionar el retraso del fin de la pobreza o incrementarla, ya que se puede aumentar el desempleo o la pérdida de recursos naturales de una comunidad, de una región o de un país.

ODS 2: HAMBRE CERO. Meta relacionada con la intervención: Un incendio forestal puede afectar también los recursos forestales y su aprovechamiento económico, los pastos para el ganado, las áreas de cultivo que proporcionan alimentos e impedir el transporte de productos de la actividad agropecuaria, entre otros.

ODS 3: SALUD Y BIENESTAR. Meta relacionada con la intervención. Los incendios forestales pueden causar graves daños a la salud de los trabajadores del campo, a los miembros de las brigadas de control, a los rescatistas; así como, a la salud física y mental de la población en el área de influencia del incendio.

ODS 12: PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES. Meta relacionada con la intervención. Con el objetivo de ganar terrenos para la agricultura se talan los bosques y luego para continuar con los cultivos, se ha extendido la mala práctica del rozo y la quema, que causan incendios forestales.

ODS 13: ACCIÓN POR EL CLIMA. Meta relacionada con la intervención. Los incendios forestales generan una gran cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI), tales como el dióxido de carbono y el vapor de agua, entre los principales; partículas sólidas (cenizas), causantes de fenómenos que ocasionan problemas ambientales globales como el Calentamiento Global, el Oscurecimiento Global y el Cambio Climático.

ODS 15: VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES. Meta relacionada con la intervención. Los incendios forestales afectan a los bosques, pastizales y a cualquier otro tipo de vegetación arbórea; así como, la afectación del equilibrio de los ecosistemas terrestres asociados a ellos. Los ecosistemas terrestres albergan una gran variedad de especies de flora y fauna, algunas de ellas muy

vulnerables ante este tipo de eventos, lo cual se resume en la pérdida de biodiversidad, siendo lo más preocupante, la biodiversidad endémica.

Los incendios forestales se han vuelto recurrentes en nuestro país y en el mundo, lo cual agrava otros problemas globales, asociados al manejo inadecuado (irresponsable) de los bosques.

El Ministerio del Ambiente (MINAM), a través del Instituto Geofísico del Perú (IGP), ha publicado recientemente el artículo *“The role of drought conditions on the recent increase in wildfire occurrence in the high Andean regions of Peru”* en la revista *International Journal of Wildland Fire*, en el que se refiere que el número de incendios forestales en el Perú se ha incrementado de manera muy preocupante en los últimos 20 años, siendo la región andina, entre los 1500 y 4000 msnm, la que concentra el 80 % de estos incidentes. El artículo indica que en el año 2020 se llegaron a cifras récord de aproximadamente 600, 1000 y 200 incendios forestales en las regiones sur, centro y norte del país, respectivamente, valores muy por encima de lo registrado entre 2002 y 2018. Este incremento sin precedentes ha afectado a ecosistemas de alta montaña como los pastizales de la puna andina, bosques naturales y matorrales. Por ello, la investigación realizada por Zubieta (2023) plantea una nueva metodología para monitorear las condiciones más probables para la ocurrencia de incendios en los Andes peruanos: *el análisis de la frecuencia acumulada de días secos*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Noticia Científica. Disponible en:
<https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/718070-noticia-cientifica-en-los-ultimos-20-anos-se-han-incrementado-los-incendios-forestales-en-el-peru>
(Consultado: 30-05-2023)
2. Zubieta Ricardo, Ccanchi Yerson, Martínez Alejandra, Saavedra Miguel, Norabuena Edmundo, Alvarez Sigrid, Ilbay Mercy (2023) The role of drought conditions on the recent increase in wildfire occurrence in the high Andean regions of Peru. *International Journal of Wildland Fire* 32, 531-544.

CAPÍTULO 1

QUÍMICA DEL FUEGO

1. EL FUEGO Y EL TRIÁNGULO DEL FUEGO

El fuego es la manifestación de una reacción de combustión, que requiere de tres elementos, que en su conjunto se les denomina el triángulo del fuego, ya que cada lado de esta figura corresponde a un elemento. Si alguno de estos elementos no se encuentra presente, la reacción no se produce. Estos elementos son el combustible, el comburente y el calor.

- El combustible es cualquier material capaz de arder. Dicho material puede presentarse en estado sólido, líquido o gaseoso. Por ejemplo, troncos, maleza, restos de cosechas, cartones, papeles, otros.
- El comburente es el componente oxidante de la reacción. Por ejemplo, agentes oxidantes, el oxígeno del aire, otros.
- El calor es la energía que se precisa aportar para que el combustible y el comburente reaccionen en un tiempo y espacio determinado. Al calor también se le denomina energía de activación. Por ejemplo, elevadas temperaturas, generadas por fricción, por reacciones de combustión, otras.

El fuego se desencadena cuando estos tres elementos se encuentran presentes y se combinan en la proporción adecuada. Del mismo modo, eliminando uno de estos componentes, es decir, uno de los lados del triángulo, es posible prevenir, controlar o atacar un fuego.

Es muy importante tener en cuenta que el triángulo del fuego, es una forma gráfica para explicar cómo se produce el fuego. Ver la Figura 2.

La reacción de combustión es una reacción exotérmica; es decir, que desprende calor y cuando se observa una llama, no es porque el combustible se “enciende”,

sino es porque los vapores y gases, que se desprenden del combustible se inflaman.

2. EL INCENDIO Y EL TETRAEDRO DEL FUEGO

El incendio es un fuego que está fuera de control debido a que existe un elemento adicional, que ocasiona esta situación. Por eso se ha establecido el tetraedro del fuego.

En el tetraedro del fuego, cada cara de esta figura geométrica representa cada uno de los elementos que hacen posible la ocurrencia de un incendio, pero no lo explican totalmente. se explica en forma gráfica, los elementos requeridos para que se produzca un incendio. Los elementos del tetraedro del fuego son el combustible, el comburente, la energía de activación y la reacción en cadena, cada uno de los cuales va en una cara del tetraedro. Ver Figura 3.

La reacción en cadena es el elemento del tetraedro que permite que progrese y se mantenga la reacción una vez se ha iniciado. También, explica como un fuego puede propagarse y tener continuidad.

La reacción en cadena de la combustión se da cuando el fuego desprende calor, que es transmitido al combustible realimentándolo y continuando la combustión.

Igual a lo que ocurría en el triángulo del fuego, ante la ausencia de cualquiera de los elementos del tetraedro, el fuego se extingue.

Para explicar un incendio, mediante el tetraedro del fuego, es importante tener presente que debe generarse suficiente calor como para vaporizar parte del combustible e inflamar el vapor (o gas que se desprende) y que se mezcla con el oxígeno. Para que la combustión se mantenga, el propio fuego debe generar suficiente calor como para gasificar aún más combustible y que este vuelva a mezclarse con el oxígeno y se inflame. Esto genera todavía más calor, por lo que el proceso sigue una espiral de retroalimentación.

Figura 2. El triángulo y tetraedro del fuego

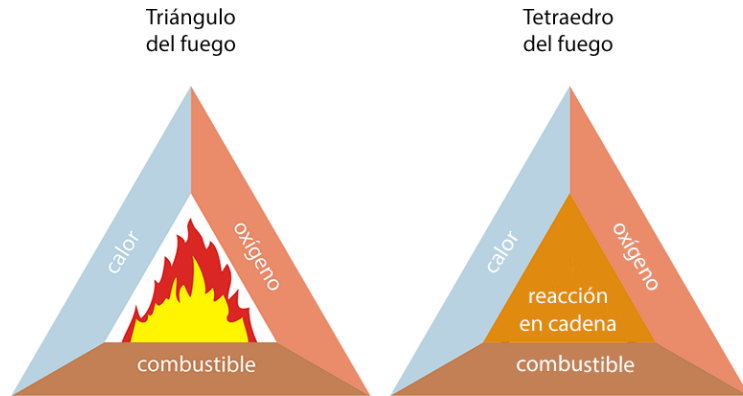
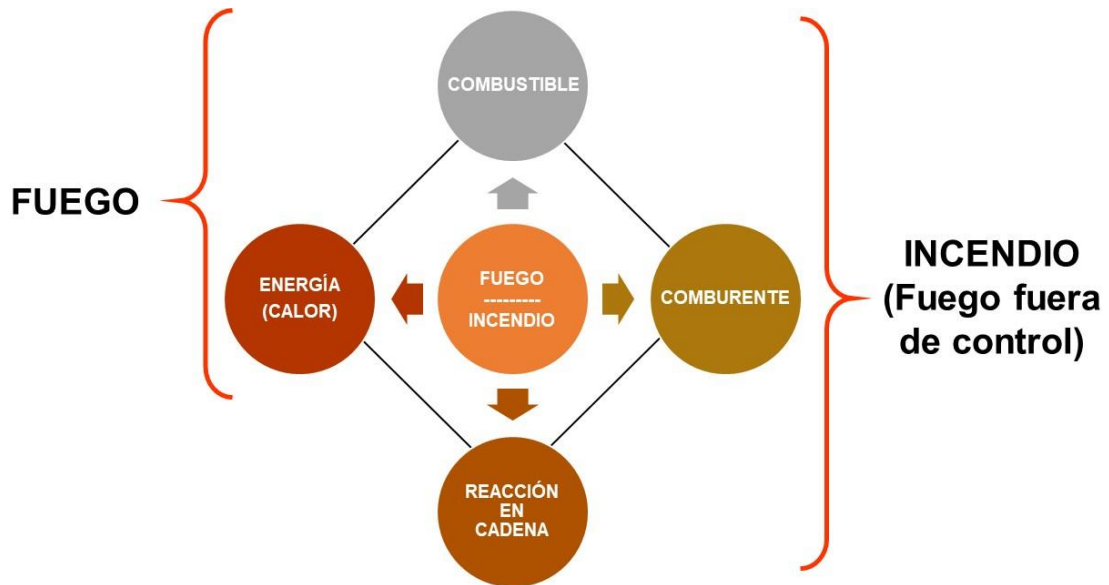


Figura 3. Elementos del Fuego y del Incendio



3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Grupo Prointex. El triángulo y el tetraedro del fuego. Disponible en:

<https://www.grupopointex.com/el-triangulo-y-el-tetraedro-del-fuego/>

(Consultado: 21-12-2022)

CAPÍTULO 2

INCENDIOS FORESTALES

1. INTRODUCCIÓN

En general, un incendio es un fuego que está fuera de control y que requiere ser controlado y combatido, es decir, apagado o extinguido. Entonces un incendio forestal ocurre cuando un fuego se ha vuelto inmanejable, y sólo puede ser controlado o extinguido por personal altamente capacitado, y con medios diseñados especialmente para ello, con la finalidad de minimizar los impactos negativos que puede ocasionar.

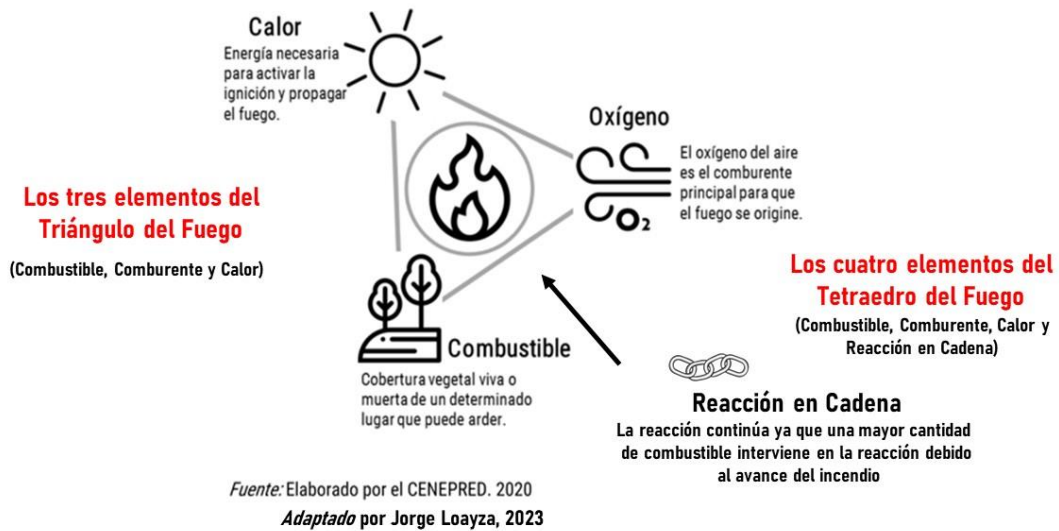
Es este capítulo se tratará sobre los incendios forestales sus tipos y características.

2. INCENDIO FORESTAL

Un incendio forestal es el fuego no deseado ni planeado, de cualquier origen, que se propaga sin control a través de vegetación de diversos tipos (árboles, arbustos, pastos, malezas y otros residuos), causando daños ambientales, sociales y económicos, entre otros. El fuego, que es una manifestación de una reacción química, que ocurre cuando el combustible (vegetación o cobertura vegetal) y el oxígeno del aire, conjuntamente con el calor (producido por la presencia de una chispa, rayo, etc.), se combinan en una reacción de combustión (Moscovich, 2014), generando elevadas temperaturas, gases (por ejemplo, dióxido de carbono, CO₂, que es un Gas Efecto Invernadero - GEI), vapores (por ejemplo, vapor de H₂O, que es un GEI), cenizas y llamas, según el SERFOR (2017) y el SERNANP (2016). Ver Figura 4.

Para que un incendio se produzca, no basta que se tengan los tres elementos del triángulo del fuego, sino que se requiere un elemento más que es la reacción en cadena; es decir, que el combustible constantemente va alimentando a la reacción de combustión, conforme se propaga.

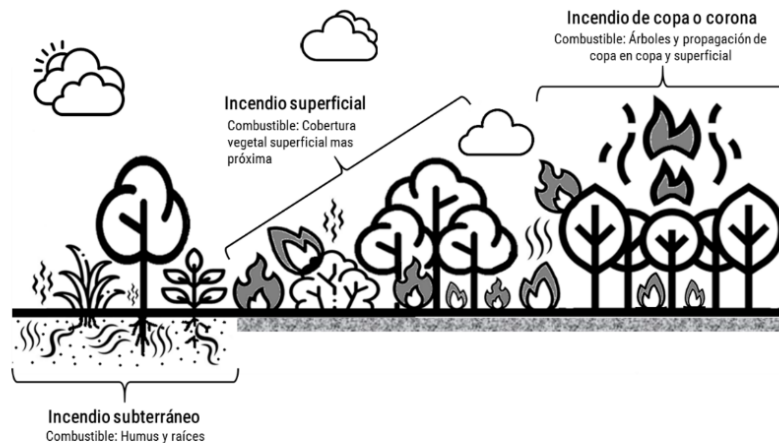
Figura 4. Elementos del Triángulo del Fuego y del Tetraedro del fuego, referido a incendios forestales.



3. TIPOS DE INCENDIOS FORESTALES

La clasificación internacional, considerada como estándar, relacionada a los incendios forestales, está en función de dos aspectos: el tipo de combustible predominante en el lugar y su forma de avance. Los tres tipos de incendios forestales más representativos son los siguientes: incendios de subsuelo (“ground fire”), incendios de superficie (“surface fire”) e incendios de copas (“crown fire”). Ver Figura 5.

Figura 5. Tipos de incendios forestales



Fuente: Elaborado por el CENEPRED. 2020

- a) Incendio subterráneo (o Incendio de subsuelo). En este caso el fuego quema el humus y raíces bajo la superficie del suelo, o la materia orgánica

acumulada en las fracturas de grandes afloramientos de roca, no genera llamas y poco humo (CENEPRED, 2020). Su avance es lento por la insuficiencia de oxígeno y pueden mantenerse incluso con contenidos elevados de humedad durante días (Frandsen, 1987), son incendios poco frecuentes. Ver Cuadro 1.

- b) Incendio superficial (o Incendio de superficie). En este caso, el fuego consume la cobertura vegetal o los residuos vegetales que se encuentran sobre el suelo como: hierbas, arbustos, leñas, hojarascas, troncos caídos, matorrales, hojas muertas, pero sin alcanzar la copa o corona de los árboles. Son los incendios más comunes y a la vez los más estudiados, es decir, de los que se dispone mayor información. Ver Cuadro 1.
- c) Incendios de copa (o Incendios de corona). En este caso, se consume todo el cuerpo de árbol y se propaga, tanto de copa en copa, como a nivel superficial. Son los que presentan mayor dificultad para la extinción y peores efectos sobre la masa forestal. Ver Cuadro1.

Cuadro 1. Tipos de Incendios Forestales

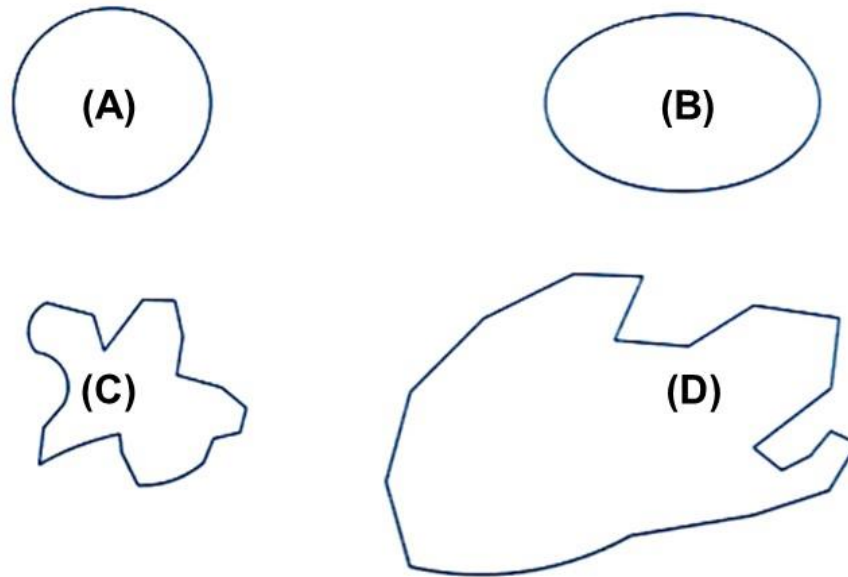
Tipo de Incendio Forestal	Tipo de Combustible	Característica
Subterráneo (Ground Fire)	Humus, raíces, materia orgánica acumulada en fallas	Profundidad de propagación y combustión de 25 a 50 cm
Superficial (Surface Fire)	Cobertura vegetal y residuos depositados sobre la superficie	Velocidad de propagación de 1.00 a 3.00 m/h
De copa o Corona (Crown Fire)	Árboles, arbustos, cobertura vegetal y residuos	Velocidad de propagación de 1.00 a 100 m/min

4. MORFOLOGÍA (FORMA) Y PARTES

4.1. FORMAS DE UN INCENDIO

En general los incendios forestales pueden adoptar diferentes formas, cada una con sus características particulares. Ver Figura 6.

Figura 6. Morfología de los incendios forestales

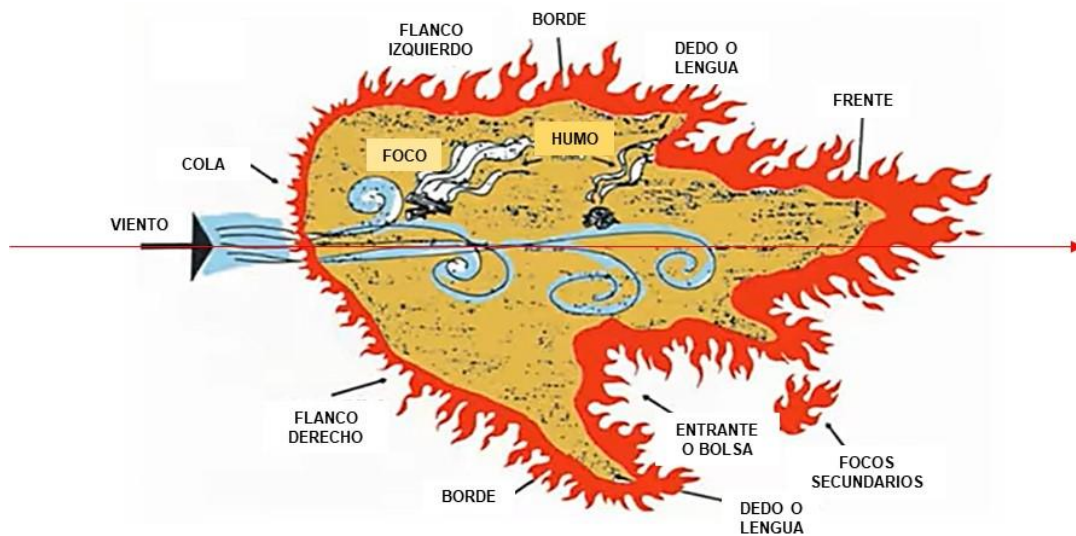


Fuente: Jorge Eduardo Loayza Pérez (2023)

4.2. PARTES DE UN INCENDIO

Tomando como referencia la Figura 7, se pueden identificar las siguientes partes de un incendio: foco, borde, frente (o cabeza), cola, flancos, dedos (o lenguas), entrantes (o bolsas) y focos secundarios (o saltos de fuego).

Figura 7. Partes de un incendio



Fuente: oposiciónbombero.org

De acuerdo a la forma y a los factores que influyen sobre dicha forma, se pueden identificar las partes de un incendio, tomando como referencia la Forma (D) de la Figura 5 y los detalles de la Figura 6:

Foco. Es el punto en el cual se inició el fuego que se salió de control (inicio del incendio).

Borde. Es el perímetro que presentan las llamas, se relaciona directamente con la forma.

Frente (o Cabeza). Es el sector del borde que avanza más rápidamente. El frente no es constante y puede cambiar, si el viento cambia de dirección. El viento es determinante en la posición del frente.

Cola. Es la parte desde donde evoluciona el incendio, al igual que la cabeza, también puede variar de posición. Es la parte que avanza en más lentamente.

Flancos. Son los laterales del incendio, para determinarlos es necesario trazar una línea imaginaria desde la cola a la cabeza (ver la línea roja en la Figura 6), a la izquierda de esa línea se encontrará el flanco izquierdo y a la derecha el flanco derecho.

Dedos (o Lenguas). Son las partes del perímetro del incendio que avanzan más rápido, que las otras.

Entrantes (o Bolsas). Son las partes de la vegetación que no se han quemado y que quedan entre las lenguas.

Focos secundarios (o Saltos de fuego). Son incendios que van apareciendo por delante del incendio principal, como consecuencia del arrastre de partes incandescentes que se separan del material que se va quemando. En función de las condiciones meteorológicas y de la fuerza de la denominada “columna de convección” pueden aparecer a mucha distancia del frente o cabeza.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Oposición Bombero. Partes de un incendio forestal. Disponible en: oposiciónbombero.org y en www.miaporteob.wix.com/miaporte (Consultado: 03-01-2023)
2. Escenario de riesgo por incendios forestales. Disponible en: http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//10471_escenari_o-de-riesgo-por-incendios-forestales.pdf. (Consultado: 08-11-2022)

3. Anuario Forestal y de Fauna Silvestre. Disponible en <http://repositorio.serfor.gob.pe/bitstream/SERFOR/520/1/Anuario%20Forestal%20y%20Fauna%20Silvestre%202017.pdf> (Consultado: 11-10-2022)
4. Fire spread through porous fuels from the conservation of energy. *Combustion and Flame*, 16(1), 9-16. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010218071800056> (Consultado: 11-10-2022)
5. Manual de Combate de Incendios Forestales y Manejo del fuego (nivel inicial). Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/incendios_y_uso_del_fuego/65-Manual.pdf (Consultado: 07-10-2022)

CAPÍTULO 3

IMPACTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES

1. INTRODUCCIÓN

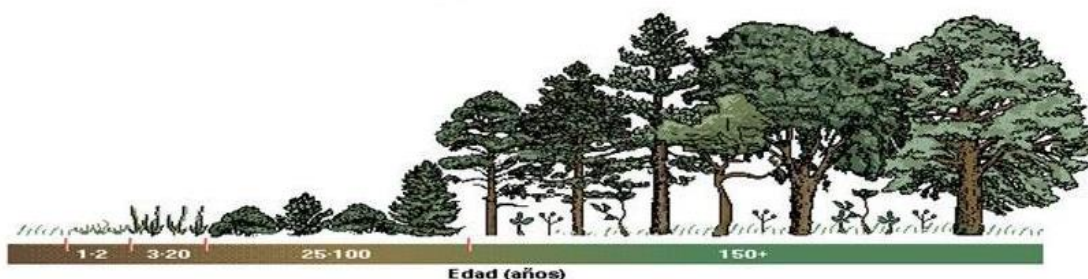
Para que los distintos actores involucrados en la prevención de los incendios forestales, tomen conciencia de lo que implica un incendio forestal es necesario la sensibilización. La sensibilización se puede conseguir conociendo, en base a experiencias anteriores (incendios reportados), las consecuencias o los impactos negativos de este tipo de evento devastador.

Dado que los humanos representan en promedio, a nivel mundial, el 90 % los causantes de los incendios forestales, solo los humanos podemos trabajar para prevenir los incendios forestales.

2. ASPECTOS GENERALES DE LOS IMPACTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES

Los incendios forestales destruyen los hábitats forestales, provocando la pérdida de zonas de bosque con un alto valor ambiental y ecológico. Los cuales se han formado a través del tiempo, inclusive en cientos de años. Estas áreas se irán recuperando poco a poco, pero tardarán años en alcanzar su aspecto anterior.

Figura 8 Formación de un bosque natural por sucesión ecológica.



Fuente: <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar>

La destrucción de los ecosistemas es ya de por sí un grave impacto, que puede agravarse si el incendio desencadena un proceso de erosión que favorece la desertificación.

Las consecuencias de este tipo de accidentes son devastadoras para el medio ambiente, por lo que es necesario que se tomen medidas y acciones de prevención como la concienciación de la ciudadanía, el manejo forestal adecuado, o normativas y políticas de apoyo que destinen presupuestos al mantenimiento de las masas forestales.

En cada caso se deben analizar las consecuencias sobre:

Ecosistemas.

- Alteración de la flora.
- Consecuencias sobre la fauna.

Áreas naturales protegidas.

- Consecuencias sobre las especies endémicas.

Medio ambiente.

- Contaminación del aire, agua y suelo.

Clima.

- Calentamiento Global
- Cambio Climático

Áreas de interés humano:

- Sitios arqueológicos.
- Sitios históricos.

Economía.

- Costos de control y combate del incendio.
- Pérdida de empleo directos en actividades productivas y de servicios.

Agricultura.

- Pérdida o afectación de cultivos.
- Daños a nivel de micro, pequeña y gran agroindustria.

Ganadería.

- Daños al ganado vacuno, porcino, cabrío, etc.
- Daños al ganado llamas, alpacas y vicuñas.

Infraestructura.

- Vial: carreteras, puentes, vías, etc.
- Casas, pequeñas fábricas. otras.

Salud humana y no humana.

- Trabajadores, bomberos, rescatistas: Enfermos, heridos y fallecidos.
- Especies, poblaciones y comunidades bióticas afectadas.

Figura 9 Impactos negativos de los incendios forestales sobre...



Fuente: Jorge Eduardo Loayza Pérez (2023)

3. IMPACTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES

3.1. SOBRE EL SUELO

Existe un componente ambiental que es el sustento de los ecosistemas forestales y que es clave para la sensibilización sobre los impactos de los incendios forestales, este componente es el suelo. Luego de un incendio forestal, el suelo afectado

pierde sus propiedades, volviéndose inadecuado para el crecimiento de las especies forestales, produciéndose menos biomasa.

Los incendios forestales también ocasionan la pérdida de cobertura vegetal que desencadena otros problemas asociados, como son la eliminación de la función protectora y la aparición de procesos acelerados de erosión, transporte y sedimentación.

Las consecuencias relevantes negativas o impactos de los incendios forestales sobre el suelo son:

- Menor agregación del suelo.
- Pérdida de los horizontes más fértiles.
- Disminución de la cantidad de materia orgánica.
- Pérdida de nutrientes.
- Reducción de la infiltración del agua de las lluvias.
- Disminución de la rugosidad superficial.
- Aumento de la escorrentía superficial del suelo.
- Mayor evaporación de las capas superficiales.
- Menor porosidad del suelo, debido a la compactación.
- Disminución de los intercambios gaseosos (alteración de la atmósfera del suelo).

3.2. SOBRE LA COBERTURA VEGETAL: EROSIÓN

Un problema que actualmente reviste una mayor preocupación es la erosión, ya que la destrucción de la vegetación provocada por el fuego, unido a las elevadas pendientes sobre las que habitualmente se localizan los incendios forestales, aumentan los procesos de pérdida de los horizontes más fértiles del suelo, haciéndolo cada vez menos productivo, provocando avenidas, inundaciones, colmatación de embalses y desertificación.

El suelo es un componente ambiental difícilmente recuperable (debido al tiempo en que demora en formarse un suelo, a partir de la roca madre que le dio origen),

la degradación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, así como, la pérdida de nutrientes y de sus partículas más finas, hacen que el proceso de regeneración sea muy lento.

Tras un incendio forestal, la cobertura normal del suelo queda drásticamente reducida, las cenizas y restos calcinados, desaparecen rápidamente con las lluvias o con el viento, apareciendo de forma inmediata la erosión de esos terrenos incendiados con las primeras lluvias que suelen producirse a los pocos días o meses del incendio.

El flujo de agua sobre el terreno incendiado puede duplicarse o incluso triplicarse como consecuencia del volumen de sólidos en suspensión arrastrados, debido a la pérdida de cubierta vegetal y a la impermeabilidad y falta de capacidad de infiltración de la superficie del suelo. La esorrentía de un flujo laminar de las partes más elevadas de las laderas, es conducida hacia las zonas más bajas en pequeños regueros que se transforman rápidamente en grandes cárcavas de difícil corrección y tratamiento.

Por su parte, los posibles procesos erosivos desencadenados por el incendio pueden llegar a tener consecuencias tan negativas como:

- Pérdida de tierra fértil y elementos vegetales vivos.
- Colmatación de embalses y presas hidráulicas.
- Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
- Aterramiento de cultivos e infraestructuras agrarias.
- Creación/desaparición de cursos de agua.
- Disminución de la recarga de los acuíferos.
- Desaparición de acuíferos.

3.3. SOBRE EL PAISAJE

El paisaje es un elemento integrador de muchos valores (estéticos y emotivos, científicos y ecológicos, culturales y otros) que van a verse seriamente afectados por el paso del fuego.

La intensidad de los incendios, la frecuencia con que se sucedan, la desaparición de la vegetación, la fragilidad del medio, el tipo de clima y las características orográficas y topográficas de la zona, entre otros factores físicos del medio, determinan la rapidez y eficacia de la recuperación de las áreas quemadas. Si ésta no se produce de forma natural, es preciso llevarla a cabo por acción humana.

3.4. OTROS IMPACTOS

1.1.3. Materia Orgánica

Los suelos de los bosques están enriquecidos, en forma natural con desechos orgánicos y nutrientes, que sirven para sustentar diversas formas de vida y procesos biogeoquímicos.

Los incendios forestales aumentan la temperatura de los suelos a más de 900 °C, lo que puede despojar a casi todo el valor orgánico del suelo, despojándolo de su capacidad para volver a cultivar cualquier planta.

3.4.2. Costo económico

Los incendios forestales pueden dañar inmediatamente la infraestructura, la vida silvestre y la vegetación. Con temperaturas de hasta 1000°C, los incendios pueden acabar con cualquier humano, animal, planta, material o infraestructura que se interponga en su camino.

Además, la comunidad tendrá que gastar millones de dólares en productos químicos retardadores de fuego, aviones y camiones, así como en tiempo y personal. Esto puede conducir a grandes reveses económicos.

Solo en 2015, se gastaron 2 mil millones de dólares en la extinción de incendios federales en los Estados Unidos.

A nivel nacional, se han destinado 8 millones de soles en proyectos para la conservación de ecosistemas naturales en el Cuzco, según el Ministerio de Economía y Finanzas, hasta el 2029.

3.4.3. Efectos sobre la cuenca

Los efectos de los incendios forestales en las cuencas hidrográficas no deben pasarse por alto. La materia orgánica quemada en un suelo enriquecido puede afectar la estratificación natural de los suelos.

Esto afectará negativamente la percolación y la infiltración, haciendo que las superficies del suelo sean repelentes (impermeables) al agua.

Por lo tanto, el agua se drena sobre la tierra en lugar de ser absorbida por el suelo. Esto definitivamente causará escorrentías superficiales, lo que conducirá a la erosión del suelo.

3.4.5. Efectos sobre la salud de los incendios forestales

La inhalación del humo de los incendios forestales provoca varios efectos tóxicos para la salud de los seres humanos. Esto se debe a los siguientes contaminantes tóxicos del aire liberados por los incendios forestales:

- Gases de Efecto Invernadero (GEI):
 - ✓ Metano (CH₄)
 - ✓ Dióxido de carbono (CO₂)
 - ✓ Óxido Nitroso (N₂O)
- Compuestos Fotoquímicos
 - ✓ Monóxido de carbono (CO)
 - ✓ Carbono Orgánico Volátil No Metano (COVNM)
 - ✓ Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
- Partículas finas y gruesas (PM)

Estos químicos afectan la calidad del aire y las personas que respiran ese aire pueden sufrir una serie de daños a su salud como:

- asma,

- bronquitis,
- dolor en el pecho,
- Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)
- Muchas afecciones respiratorias a largo plazo.

La exposición al humo da como resultado un aumento de la hospitalización en salas respiratorias y cardiovasculares. Aparte de eso, algunos pueden desarrollar asma o los pacientes previamente asmáticos pueden desarrollar un incremento de sus síntomas.

Esto definitivamente aumentará la frecuencia de las visitas al hospital o, lo que es más importante, a la sala de emergencias. También habrá un aumento en el consumo de productos farmacéuticos que tienen su propia línea de efectos sobre el medio ambiente.

3.4.6. Efectos de los incendios forestales en el ganado

Los incendios forestales queman cientos de miles de acres antes de que se apaguen. Esto da como resultado la pérdida de hábitat y la destrucción de millones de animales! La mayoría de ellos estarán en peligro de extinción. Los animales que ya están en peligro de extinción también correrían un riesgo mucho mayor de extinción

Los incendios forestales australianos han resultado recientemente en más de 1 millón de muertes de animales.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sucesión Ecológica y la Energía en los Ecosistemas.
https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/23844/mod_resource/content/6/Te%C3%B3rico%20energ%C3%ADa%20y%20suces%C3%ADon.pdf
2. US Department of Agriculture (USDA). Forest Service.
<https://www.bosque.gov/ciencia/incendios/prevencion/index.html>

CAPÍTULO 4

CAUSAS DE LOS INCENDIOS FORESTALES

1. ANTECEDENTES

En general, son recurrentes los incendios forestales en nuestro planeta, pero las causas más comunes de incendios forestales, difieren según la ubicación.

A continuación, se indican algunas ubicaciones a nivel mundial y las causas más comunes de los incendios forestales en dichas locaciones:

- En Estados Unidos y Australia, las causas más comunes de incendios forestales se consideran los rayos y las actividades humanas (chispas de maquinaria agrícola, colillas de cigarrillos arrojadas por personas irresponsables e incendios provocados).
- En África, América Central y América del Sur, México, Islas Fiji, Nueva Zelanda y el Sudeste Asiático; los seres humanos son los principales responsables de los incendios forestales a través de acciones como la agroindustria (o agricultura industrial), la agricultura de subsistencia y la quema de conversión de tierras (o cambio de uso del suelo de agrícola a comercial u otro, que no responda a la vocación inicial del suelo considerado).
- En China y las tierras alrededor del mar Mediterráneo, los intensos incendios forestales se deben a la negligencia humana (como hacer fogatas y olvidar apagarlas).
- Las causas naturales son mucho más frecuentes en Canadá y el noroeste de China, siendo los rayos la causa más común, en dichas zonas.
- Los incendios de vetas de carbón son incendios *naturales* que arden bajo tierra en áreas como Nueva Gales del Sur y Burning Mountain en Australia, y Centralia en Pensilvania (Estados Unidos) Estos incendios se encuentran en áreas de alto riesgo donde pueden estallar espontáneamente y encender materiales inflamables como el carbón alrededor.

2. CAUSAS GENERALES

2.1. CAUSAS DE ORIGEN HUMANO (O ANTROPICAS)

Los humanos son en gran parte responsables de los incendios forestales en todo el mundo. La mayoría de estos incendios forestales son causados por colillas de cigarrillos tiradas al suelo, fogatas no apagadas o por incendios intencionales. En Estados Unidos casi el 90% de los incendios forestales son causados por personas (USDA, 2022).

1. Residuos, escombros, desechos o basura.

La quema de basura (o desechos) es bastante común entre las personas que viven en lugares no hay muchos servicios de recolección, especialmente cerca de los bosques. Quemar desechos sin cuidado con fuegos abiertos puede salirse rápidamente de control, ya que el viento juega un papel importante en la ignición y propagación de los incendios forestales. Los vientos fuertes pueden propagar las llamas de diversas fuentes a los bosques, campos o granjas.

2. Fogatas

Las fogatas desatendidas pueden salirse de control rápidamente y provocar incendios forestales. Se recomienda elegir un lugar seguro para realizar fogatas. Encuentre un lugar que esté alejado de objetos inflamables y asegúrese de tener una pala o un balde de agua.

3. Falla del equipo o chispas del motor

Un motor en marcha se calienta e incluso puede arrojar chispas calientes que pueden encender rápidamente los materiales boscosos a su alrededor. Se sabe que los accidentes automovilísticos provocan incendios rápidamente, por este motivo, en la mayoría de los casos, los bomberos deben acudir al lugar del accidente en previsión de un incendio. Los automóviles de motor pequeño pueden producir llamas altas en el vehículo si operan en un campo abierto o en un bosque. Se sabe que los vehículos eléctricos, también pueden iniciar incendios.

4. Fuegos artificiales

Los fuegos artificiales pueden usarse en situaciones especiales, pero si no se manejan adecuadamente, pueden generar llamas y un posterior incendio en lugar no deseado. No se deben usar fuegos artificiales cerca de zonas boscosas, ya que pueden provocar el inicio de un incendio forestal.

5. Cigarrillos

Tirar cigarrillos encendidos también puede provocar incendios forestales. La gente suele tirar colillas de cigarrillos al suelo, sin medir las consecuencias de sus actos, por tal motivo deben ser constantemente alertados, con una campaña de sensibilización a los fumadores y deben entender que la pequeña negligencia de su parte puede causar un gran impacto (destrucción) en el medio ambiente y las áreas circundantes.

6. Incendio provocado o intencional

El incendio provocado es el acto de prender fuego maliciosamente a bienes (principalmente edificios), vehículos, bosques o cualquier otro daño intencional que se pueda causar. Se dice que cualquier persona involucrada en cometer un incendio provocado (generar incendios) es un pirómano. Debido al riesgo que los incendios tienen para las poblaciones humanas y no humanas, y la propiedad, el incendio provocado se considera un delito. Un estudio realizado en el año 2008 encontró que el 85% de los incendios forestales en Australia se debieron a la actividad humana, específicamente por incendios provocados.

2.2. CAUSAS NATURALES DE LOS INCENDIOS FORESTALES

Los eventos naturales causados por la dinámica de nuestro planeta; es decir, por la propia actividad de la naturaleza, son responsables del 10% restante de los incendios forestales en los Estados Unidos (USDA, 2022). Aunque parezca menos, esto equivale a miles de hectáreas quemadas hasta los cimientos. Teniendo en cuenta que este número es mucho mayor en otras partes del mundo como Canadá y el noroeste de China.

Los incendios forestales se deben a 2 razones naturales principales:

1. Erupción volcánica

Las erupciones volcánicas generan a su vez diversos fenómenos, siendo uno de los principales, la lava incandescente, que puede encender campos de hasta 1 kilómetro de longitud.

2. Rayos (o Relámpagos)

Los rayos pueden causar incendios forestales, especialmente un tipo particular de relámpagos denominados por los meteorólogos “relámpagos calientes”. Los incendios forestales como resultado de rayos calientes duran relativamente más. Cuando un relámpago golpea el suelo, puede producir una chispa que a su vez puede incendiar un bosque o un campo.

3. CAUSAS DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN EL PERÚ

3.1. CAUSAS ANTRÓPICAS

Los incendios forestales son originados, principalmente, por las malas prácticas con el fuego en actividades como la pecuaria y la agrícola, siendo ambas las causas del 90% de incendios forestales en América del Sur. En esta región, el 94.5% de los incendios forestales son antropogénicas y las naturales representan el 5.5% (CENEPRED,2020). Sin embargo, en algunas regiones andinas del Perú, las causas antrópicas pueden representar el 100% (A. Manta, 2014). El siguiente cuadro presenta las causas antrópicas de los incendios forestales en el Perú dividido por regiones.

Cuadro 2. Causas de los Incendios Forestales en el Perú

Región	Causa
COSTA NORTE	<ul style="list-style-type: none">• Actividades agrícolas: quemas periódicas para el manejo de especies como caña de azúcar, juncos, totoras y carricillo (p. e. Barranca)• Otros: actividades de urbanización de zonas y especulación inmobiliaria

ANDINA	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades ganaderas: rebrote de las pasturas comestibles para el ganado, para controlar la invasión de plagas animales (garrapatas que atacan al ganado vacuno) y vegetales (malezas y plagas), asimismo ayuda en la limpieza de los pastizales. • Actividades agrícolas: <ul style="list-style-type: none"> ○ Ampliación de la frontera agrícola, es decir, para ganar terrenos para la agricultura: quema de los residuos agrícolas, habilitación de terrenos abandonados; así como, para espantar plagas y animales silvestres que dañan las cosechas. ○ Presencia de especies pirófilas de la zona como eucalipto y pino facilitan la expansión de los incendios forestales. ○ Quema de la totora de los humedales (Por ejemplo, en Lago Titicaca) • Actividades de caza: fuego descontrolado causado por los cazadores que prenden hogueras para que los animales salgan de sus madrigueras • Otros: fallas en líneas de alta tensión, colapso del sistema de transporte de hidrocarburos (oleoductos o gaseoductos).
INTERANDINA	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades agrícolas: Manejo de “chacras” y quema de residuos vegetales producto de la deshierba agrícola (Por ejemplo, incendio en Cuyo, Puno en el 2016)
AMAZÓNICA	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades apicultura: extracción de miel de abejas silvestres, para lo cual efectúan quemas a la altura de la base de árbol para ahuyentar a las abejas.

Fuentes: (A. Manta, 2014), (SERFOR, 2018)

3.2. CAUSAS NATURALES

Respecto a las causas naturales, la más significativa es la caída de rayos durante tormentas eléctricas secas sobre material combustible seco. También se pueden presentar fenómenos poco comunes, las erupciones volcánicas o como la caída de un meteorito, reportado en el año 2011 en la comunidad de Machaca, Puno (A. Manta, 2014).

4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PROPAGACIÓN DE UN INCENDIO FORESTAL

Se denominan factores a aquellos componentes (aspectos o elementos) que incrementan la vulnerabilidad y susceptibilidad de los boques (o zonas con cobertura vegetal) para la ocurrencia de los incendios forestales. Los factores se pueden agrupar en dos grandes grupos: los factores territoriales y los factores climáticos (Ver Figura 7).

Figura 10. Factores Climáticos y Factores Territoriales



Fuente: Jorge Eduardo Loayza Pérez (2023)

4.1. Factores territoriales

El factor territorial es fundamental porque determina qué tipo de vegetación (combustible) es característica en cada zona de una región, que a su vez es influenciada por el tipo de suelo, y por la presencia de otros componentes como laderas, cañones estrechos y bosques tupidos, entre otros. Íntimamente relacionados con los factores climáticos.

4.1.1. Combustible

La vegetación disponible para arder, es el combustible, sus características aumentan o disminuyen la velocidad de propagación. El tipo de vegetación condiciona la intensidad del fuego para cada zona, estas características intrínsecas de la vegetación le brindan cierto grado de probabilidad de incendiarse, propagar y mantener el fuego, esto se conoce como combustibilidad (CENEPRED). Es la fuente de energía del incendio. La cantidad y humedad de los combustibles influyen en la intensidad y velocidad de propagación, siendo los combustibles secos los que presentan una respuesta más rápida a inflamarse.

4.1.2. Tipos de Biomas en relación a su sensibilidad al fuego

Se denomina bioma (*área biótica* o *paisaje bioclimático*) a una región de la superficie de terrestre que presenta uniformidades en cuanto al clima, la flora y la fauna, constituyendo así una zona identificable a partir del tipo y la variedad de ecosistemas que es posible hallar en ella.

Hardesty et al (2005) clasifican los diversos biomas en los siguientes tipos:

Biomas independientes del fuego

Estos se caracterizan por altos valores de humedad durante todo el año, es decir no tienen características intrínsecas para que se dé la ignición y propagación del fuego, por lo cual se pueden considerar ecosistemas independientes del fuego. (Shlisky et al. 2007), Armenteras et al. (2020).

Biomas dependientes del fuego

Son aquellos que han evolucionado con el fuego y por ende se consideran dependientes, en estos ecosistemas las especies han desarrollado adaptaciones que les permiten responder de forma positiva al fuego e incluso facilitar su reproducción, por ende, la vegetación de éstos es inflamable y propensa al fuego. Armenteras et al. (2020).

Biomás sensibles al fuego

Son todos aquellos que, debido a la composición y estructura de la vegetación, así como a las condiciones de humedad, la mayoría de las veces pueden inhibir la ignición y propagación del fuego. En otras palabras, no son muy inflamables, pero esta condición puede cambiar por efecto de cambios en el uso de la tierra, la invasión de pastos y arbustos pirófilos y el cambio climático. Armenteras et al. (2020).

Tabla 1. Tipos de Biomás en relación a su Sensibilidad al Fuego

Tabla 1. Focos activos de fuegos (%) y área afectada (%) en los principales biomás en Colombia, Ecuador y Perú.

Bioma	Categoría*	Colombia		Ecuador		Perú	
		Área (%)	Focos (%)	Área (%)	Focos (%)	Área (%)	Focos (%)
Bosques húmedos tropicales y subtropicales	Independiente	83,5	39	83,2	58	72,4	87
Bosques secos tropicales	Sensibles	3,6	11	11	27	2,2	3
Sabanas, matorral y pastizal	Dependiente	11,2	45	0	0	0	0
Sabanas y llanos semi-inundables	Sensibles	0	0	0,5	3	0	0
Puna y páramos andinos	Sensibles	0,5	0	2,9	4	18	4
Matorrales xerofíticos y desérticos	Independiente	0,9	4	1,4	5	7,3	5
Manglares	Independiente	0,3	0	1	2	0,1	0

*Clasificación de sensibilidad al fuego de Hardesty et al. (2005).

4.1.3. Topografía y relieve

Los incendios forestales se producen generalmente en zonas de orografía complicada; es decir, con pendientes y diversidad de relieves. Pero la topografía es el factor más constante del territorio, su influencia sobre el comportamiento del fuego es el más visible, principalmente las pendientes.

4.2. Factores climáticos

El clima y tiempo atmosférico, determina las estaciones más secas y calurosas, así como las velocidades de los vientos. Por ello, los factores climáticos se pueden indicar como: viento, insolación, temperatura y precipitaciones entre otras.

4.2.1. Climas secos

Los climas secos o regiones áridas, son áreas donde hay una cantidad extremadamente baja de agua, siendo los niveles de agua tan bajos que los

animales luchan por sobrevivir en tales condiciones. Los climas secos favorecen específicamente los incendios forestales debido a la falta de humedad.

4.2.2. Clima extremadamente caluroso

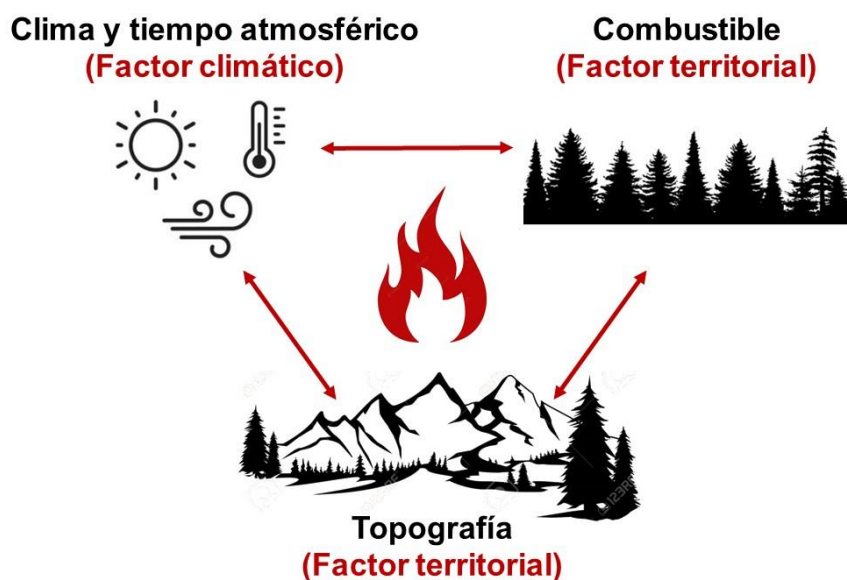
En algunos casos, el clima extremadamente cálido se ha considerado como una causa de incendios forestales. Tal es el caso del incendio más reciente y más mortífero, ocurrido en Tumburumba, Australia, en enero del 2020, debido a las elevadas temperaturas (récord en Australia), fue indicada como una de sus causas.

4.2.3. Viento

El viento definitivamente no es lo que *enciende* los incendios forestales, pero sí es uno de los principales factores que transforman los pequeños fuegos en incendios forestales. Los fuertes vientos empujan el fuego hacia una dirección y eso hace que se propaguen mucho más rápido y a distancias mayores, de lo que naturalmente podrían hacerlo.

Pero a su vez, cuando un incendio forestal ha empezado, el comportamiento del fuego y su propagación está determinado principalmente por tres factores de esos factores: el tipo de combustible, la climatología y la topografía (Ver Figura 11). A estos tres factores se les conoce como la gran triada (CENEPRED, 2020).

Figura 11. La gran triada (Combustible, Topografía y Clima)



Fuente: Paul Saavedra, 2023.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Enciclopedia Concepto.
Disponible en: <https://concepto.de/bioma/#ixzz83Dtyolkn>.
(Consultado: 30-05-2023)
2. Anuario Forestal y de Fauna Silvestre.
Disponible en:
<http://repositorio.serfor.gob.pe/bitstream/SERFOR/520/1/Anuario%20Forestal%20y%20Fauna%20Silvestre%202017.pdf> (Consultado: 11-10-2022)
3. ENFRENTÁNDONOS A LA CRISIS DE LOS INCENDIOS FORESTALES.
Disponible en:
<https://www.fs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/Hacer-frente-a-la-crisis-de-los-incendios-forestales.pdf>. (Consultado: 12-03-2023)
4. Escenario de riesgo por incendios forestales.
Disponible en:
http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//10471_escenario-de-riesgo-por-incendios-forestales.pdf. (Consultado: 08-11-2022)
5. Incendios en ecosistemas del norte de Suramérica: avances en la ecología del fuego tropical en Colombia, Ecuador y Perú.
Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0366-52322020000100001&script=sci_arttext (Consultado: 08-11-2022)
6. Manual de Combate de Incendios Forestales y Manejo del fuego(nivel inicial).
Disponible en:
https://www.produccion-animal.com.ar/incendios_y_uso_del_fuego/65-Manual.pdf (Consultado: 10-02-2023)
7. Contribución al conocimiento de la prevención de Incendios Forestales en la sierra peruana.
Disponible en:
<https://www.fondoeditorialunalm.com/wp-content/uploads/2020/09/INCENDIOS-FORESTALES.pdf> (Consultado: 08-11-2022)
8. Fire, ecosystems and people: threats and strategies for global biodiversity conservation. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/259657820> Fire ecosystems and people threats and strategies for global biodiversity conservation.

(Consultado: 09-10-2022)

9. Fire, Ecosystems and People: A Preliminary Assessment of Fire as a Global Conservation Issue. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/43597968>.

(Consultado: 09-10-2022)

CAPÍTULO 5

EXTINCIÓN DE UN INCENDIO

1. INTRODUCCIÓN

Cuando se está frente a un incendio forestal, es decir, cuando un fuego que se ha iniciado en una zona forestal, ya está fuera de control, es necesario identificar tres grandes etapas, que van a formar parte de lo que se conoce como el **DURANTE**, ya que el **ANTES** corresponde a la prevención y el **DESPUÉS** a la **RESTAURACIÓN**. Estas etapas son:

(1) CONTROL

Consiste en detener el avance de las llamas extinguiéndolas directamente en su frente de avance o en otros lugares activos.

(2) CERCADO

También conocido, como circunscripción del fuego, consiste en rodear el fuego con una línea de control, para que no se propague.

(3) EXTINCIÓN

Consiste en apagar el fuego, utilizando diversos mecanismos y agentes de extinción.

2. CONTROL Y CERCADO

Una etapa en el combate al fuego es el control del incendio. Consiste en detener, contener el avance de las llamas extinguiéndolas directamente en su frente de avance y en otros lugares activos o bien, si ello no es posible, circunscribiendo, rodeando al fuego con una línea de control, para que no se siga propagando, esto corresponde también al cercado del fuego. Hay otras etapas durante el combate, pero ésta es una de las más importantes.

El objetivo del control es contener el incendio, es decir contener su avance, con la finalidad de poder extinguirlo más adelante.

3. EXTINCIÓN

3.1. ACCIONES BÁSICAS DE EXTINCIÓN

Si recordamos lo enunciado con respecto al tetraedro del fuego podemos decir que al fuego se le puede combatir actuando sobre los componentes del tetraedro del fuego; es decir, al calor con alguna forma de **ENFRIAMIENTO**, al combustible mediante la **REMOCION O EL CORTE**, al oxígeno impidiendo que actúe, o por **SOFOCACION**, y a la reacción en cadena, haciendo uso de la **INHIBICION QUIMICA**.

3.1.1. ENFRIAMIENTO

El enfriamiento permite evitar que se sigan generando vapores susceptibles de quemarse o combustionar, debiéndose aplicar un agente extintor en forma, cantidad y tiempo que permita reducir la temperatura del material que se está incendiando.

En el caso específico de un incendio forestal, se requiere absorber el calor generado por la reacción de combustión, aplicando agua sobre el fuego. El agua tiene la capacidad de absorber calor para evaporarse (proceso natural). El calor que permitía la combustión se consume entonces intentando evaporar el agua. La evaporación, por tanto, quita calor al ambiente y enfría. El agua se aplica con equipos terrestres y también con aeronaves desde el aire (helicópteros y aviones). La tierra tiene un efecto parcial de enfriamiento, pero el agua es mejor.

3.1.2. REMOCIÓN DEL COMBUSTIBLE

La remoción del combustible dejará al fuego sin uno de sus componentes vitales, pero es una de las opciones más difíciles de aplicar.

La permanente presencia del oxígeno en el aire, así como la poca disponibilidad del agua en terrenos rurales, concentran las acciones sobre el combustible de tres formas:

- Interrumpiendo la continuidad horizontal y vertical de la vegetación, cortando, extrayendo y eliminando la vegetación combustible en la trayectoria del incendio.

- Aumentando el contenido de humedad de la vegetación.
- Eliminandolo la vegetación combustible con un fuego que, controladamente iniciado por el personal especializado y a partir de un camino, río u otro tipo terreno sin vegetación, queme el combustible en la trayectoria del fuego. De esta forma el incendio se detendrá al no tener combustible disponible para quemar. A este se le denomina un contra fuego controlado.

3.1.3. SOFOCACIÓN

La sofocación eliminará la llama, pero no la temperatura, por lo que deberá ser mantenida el tiempo suficiente para el enfriamiento del combustible, por debajo de su temperatura de autoignición para evitar la reignición.

En el caso de los incendios forestales, se cubre al combustible en llamas con tierra para aislarlo del aire y, por tanto, del oxígeno.

También se disminuye la presencia de oxígeno en el aire reemplazándolo por vapor de agua.

3.1.4. INHIBICIÓN QUÍMICA

La inhibición química de la reacción en cadena también elimina la llama y no la temperatura, debiéndose contar con algún agente extintor extra que permita enfriar el combustible, o caso contrario, estar atento al riesgo de reignición.

Cubriendo al combustible con una mezcla de agua con un producto químico que retarde o impida la propagación del fuego.

La combinación de dos o más de estas formas de extinción disminuye de manera notable el tiempo y cantidad de agente extintor necesario para cumplir con este objetivo.

3.2. MÉTODOS PARA EXTINGUIR INCENDIOS FORESTALES

Las acciones para extinguir al fuego las ejecuta un personal perfectamente capacitado y entrenado, que debe contar con las herramientas y equipos necesarios. Pero la forma, cómo y dónde se extingue al fuego dependerá de los métodos de extinción establecidos por la brigada organizado para tal fin.

En general, se cuenta con dos métodos: el directo y el indirecto, dependiendo, respectivamente, si el incendio es combatido con el trabajo de la brigada junto al fuego o bien si el personal trabaja a una cierta distancia de él, interviniendo la vegetación en la trayectoria del fuego para dejar al incendio sin combustible.

Estos métodos no son excluyentes, sino son complementarios. Se puede empezar el combate de una forma y seguirlo de otra, o trabajar en combate indirecto en un lugar del incendio y en combate directo en otro.

3.2.1. MÉTODO DIRECTO

En este método el control del incendio se logra extinguiendo al fuego en el frente de avance, llamado la cabeza del incendio, y en otros sectores activos. Para ello los brigadistas cubren al fuego con tierra lanzada con palas, enfrían con agua y cortan la continuidad de la vegetación combustible en el mismo borde del incendio.

Este método, también conocido como ataque directo, se usa en vegetación de poca extensión, en incendios en su etapa inicial, aún pequeños, en sectores menos intensos de un incendio mayor y para extinguir pequeños focos de fuego originados por pavesas, o sea brasas transportadas por el viento más delante de la cabeza.

Con este método se reduce la superficie y el daño al mínimo y el borde del incendio queda extinguido de inmediato. El uso de agua es, sin duda, el método más efectivo. Sin embargo, se expone al personal al humo y al calor, además se pueden producir accidentes en topografía abrupta cuando el personal se acerca a las llamas y, además, pavesas pueden encender fuegos que encierren al personal, especialmente en laderas.

3.2.2. MÉTODO INDIRECTO

El control se logra rodeando al incendio, encerrándolo dentro de una línea de control, a cierta distancia de la cabeza del incendio y de sus lugares activos. A

esa distancia ya no es posible lanzar tierra o agua, por lo que el combate indirecto se basa en eliminar o cortar la continuidad de la vegetación en la trayectoria del incendio.

3.2.2.1. LÍNEA DE CONTROL

Una línea de control, por su parte, es el conjunto continuo de cortafuegos naturales y artificiales ya presentes en el área afectada y de los cortafuegos que se construyen durante el combate. También forman parte de la línea de control los bordes del incendio extinguidos naturalmente y los bordes que se extinguen mediante el trabajo del personal (CONAF).

3.2.2.2. CORTAFUEGO

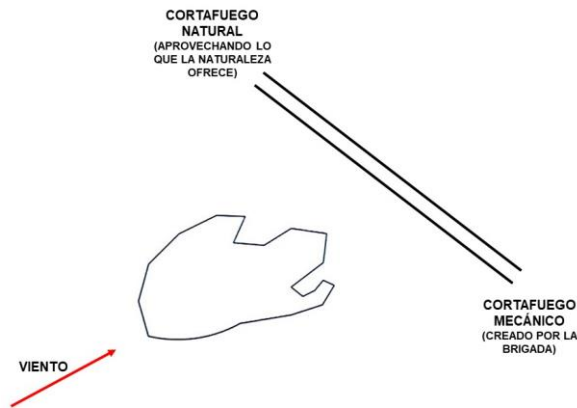
A su vez, un cortafuego es una faja de terreno que no tiene combustible o donde éste no está en condiciones de arder. De esta forma los cortafuegos cortan la continuidad de la vegetación, impidiendo así que el fuego se propague al carecer de combustible.

Cortafuego es un término amplio, de uso general. Hay varios tipos de cortafuego, pero todos tienen algo en común: carecen de combustible o, en algunos casos, el combustible no está en condiciones de arder.

Por ejemplo, una línea cortafuego es una faja de terreno, de la longitud que sea necesaria y de varios metros de ancho, donde se ha cortado y extraído toda la vegetación y se ha raspado y cavado el terreno hasta el suelo mineral.

Los cortafuegos de agua y de retardantes, cubren a la vegetación con agua y productos químicos e impiden que se incendie. Ver Figura 11 (CONAF).

Figura 12 Cortafuego

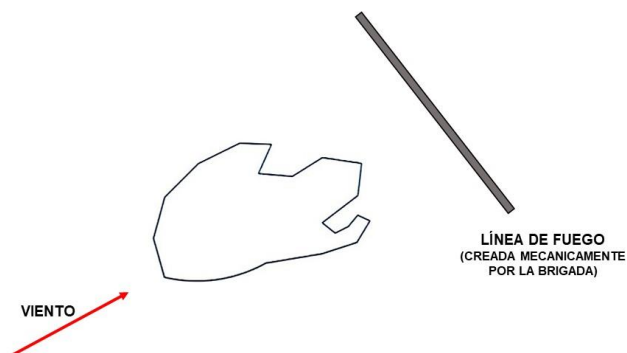


Fuente; Jorge Eduardo Loayza Pérez (2023)

3.2.2.3. LÍNEA DE FUEGO

La línea de fuego es una franja estrecha de terreno donde la vegetación combustible en la trayectoria del incendio se elimina con fuego, aplicado a partir de una faja de un ancho no mayor a un metro, donde el suelo se ha raspado y cavado hasta el suelo mineral, o sea hasta que sólo haya tierra y piedrecillas. El fuego así aplicado se llama quema de ensanche, la que por avanzar contra el viento podrá apagarse luego de algunos metros, pero, aunque ello ocurra, cumplirá su objetivo de ensanchar la faja carente de combustible, sin el esfuerzo del personal, como en el caso de la línea cortafuego.

Figura 13. Línea de Fuego



Fuente; Jorge Eduardo Loayza Pérez (2023)

Para construir una línea de fuego, una vez que el *Jefe de la Brigada de Extinción del Incendio* (responsable del puesto de mando) determina dónde se va a iniciar y terminar y cuál va a ser su trayectoria, la brigada trabaja dispuesta en una fila, con las herramientas de corte adelante para abrir paso y eliminar vegetación, a

continuación las herramientas de raspado y cavado para eliminar la vegetación superficial hasta el suelo mineral y luego equipos de encendido para la quema de ensanche.

Durante el combate o método indirecto para establecer la línea de control se aprovechan los cortafuegos presentes y se construyen los que sean necesarios (línea de fuego, línea cortafuego, cortafuego de agua, cortafuego de retardante), uniéndolos para que no queden lugares por donde pueda seguir avanzando el fuego. El borde del incendio ya extinguido y la parte posterior del incendio, llamada cola, también son parte de la línea de control y permiten anclar en ellos a otros cortafuegos.

El método indirecto se usa cuando el calor y el humo impiden el trabajo del personal, si el terreno es de topografía abrupta, si la vegetación es densa, si la propagación es rápida, si hay emisión de pavesas, si el frente es muy amplio y en incendios de copas. En general, cuando no es posible el ataque directo. El trabajo, a su vez, es más seguro para el personal y las condiciones de trabajo más confortables permiten sostener más tiempo el trabajo, con mejor rendimiento. Pero, como desventaja, se sacrifica vegetación, que puede ser valiosa.

Dentro del método de combate indirecto, una variante de la quema de ensanche, es decir del concepto y acción básica de extinción de usar fuego para eliminar vegetación en la trayectoria del incendio, es el contrafuego. Sólo varía la magnitud. El contrafuego es utilizado para quemar vegetación en zonas más amplias y creando un fuego que logre avanzar contra el incendio, quemando el combustible en la trayectoria que, por su comportamiento, lleva el incendio. Cuando los dos fuegos se encuentran el incendio se extingue por carencia de vegetación combustible. Es un recurso extremo, dada la probabilidad que sea inmanejable y que complique la situación.

Una forma de ataque indirecto, ya que no se trabaja sobre directamente en el borde, es el llamado método paralelo, donde se construyen cortafuegos

paralelos a los bordes del incendio, flanqueando al incendio, como pinzas, desde la cola hacia la cabeza.

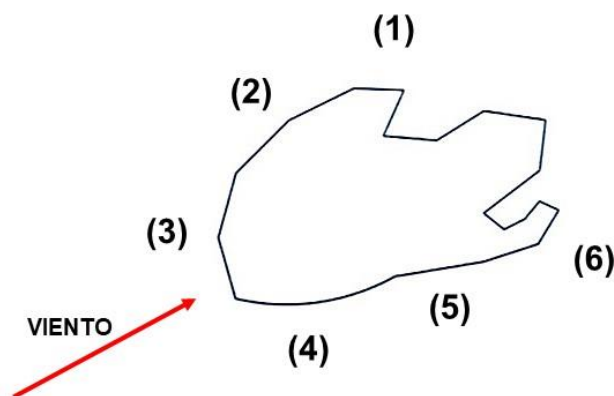
Una vez controlado el avance del incendio, logrando detenerlo dentro de la línea de control, se inicia la etapa llamada de liquidación, donde se extingue todo fuego en el borde del incendio y al interior de la línea de control (CONAF).

3.2.2.4. LA GRILLA

En el curso del combate al fuego, el responsable del puesto de mando y los otros mandos que componen la organización necesitan planificar acciones, dar instrucciones y emitir informes de avance de la operación. Para ello hay que aludir a los diferentes lugares del incendio, situación donde se producen confusiones, por ejemplo, informar sobre el flanco derecho (pero ¿a la derecha de quién?), el foco más grande, al lado de allá, etc.

Para precisar las ubicaciones se utiliza una grilla sobrepuesta en un mapa del incendio, donde, independiente de donde esté el Norte, los sectores 1 y 6 corresponden a la cabeza del incendio y los sectores 3 y 4 a la cola. De esta forma se aludirá al sector 1 donde operan 3 brigadas, al 6 donde operan los aviones cisterna y dos brigadas y al 3 y 4 como ya extinguidos. Ver Figura 14. (CONAF).

Figura 14. Grilla



Fuente: Jorge Eduardo Loayza Pérez (2023)

4. RECURSOS REQUERIDOS PARA LA EXTINCIÓN DE UN INCENDIO FORESTAL

Los recursos requeridos para la extinción de un incendio forestal son diversos, pudiendo agruparlos en:

- Recursos humanos: bomberos especializados en controlar y extinguir incendios forestales, rescatistas, médicos, enfermeras, población organizada, voluntarios, entre otros.
- Recursos materiales: maquinaria pesada (por ejemplo: retroexcavadora), herramientas (diversos tipos y tamaños), equipos portátiles de comunicación, vehículos todo terreno, helicópteros, aviones, entre otros.
- Recursos económicos: presupuesto para mantenimiento, compra o alquiler de los recursos materiales listados anteriormente, compra de combustible, químicos retardantes y tensoactivos, movimiento de personal, capacitación, suministro de elementos de protección personal, capacitación, entre otros.

Figura 15. Recursos requeridos para la extinción de un incendio forestal



Fuente: Jorge Eduardo Loayza Pérez (2023)

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Estructplan. Química y comportamiento del fuego. Disponible en:
<https://estrucplan.com.ar/quimica-y-comportamiento-del-fuego/>
(Consultado: 05-05-2023)
2. CONAF. Fundamentos para el combate de incendios. Disponible en:
<https://www.conaf.cl/incendios-forestales/combate-de-incendios-forestales/fundamentos-para-el-combate/> (Consultado: 20-02-2023)
3. CONAF. Método de combate de incendios forestales. Disponible en:
<https://www.conaf.cl/incendios-forestales/combate-de-incendios-forestales/metodos-de-combate-de-incendios-forestales/>
(Consultado: 29-01-2023)

CAPÍTULO 6

RESTAURACIÓN DE ZONAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES

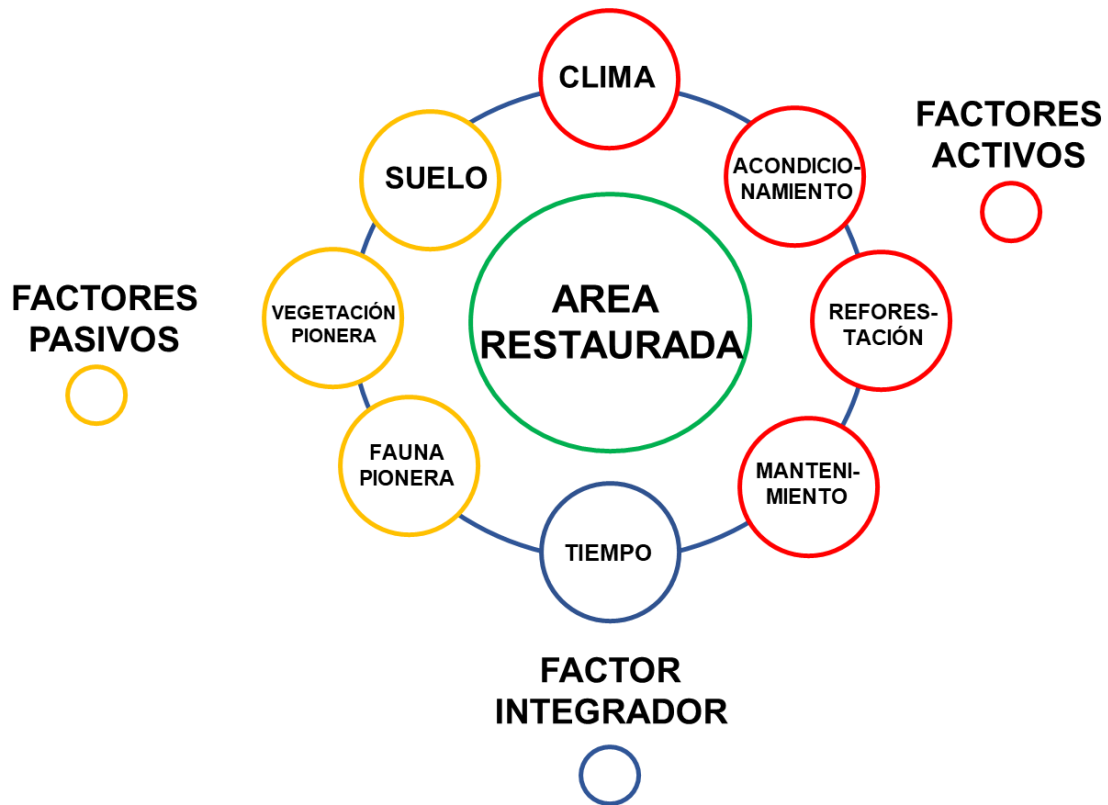
1. INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales implican una importante alteración de los ecosistemas forestales y de los ecosistemas asociados a ellos (o en el área de influencia de ellos), afectando su existencia, desarrollo y evolución en forma significativa, pero no de forma homogénea, a los distintos componentes de cada uno de ellos, ya sea el bosque mismo, las áreas naturales protegidas o a aquellas destinadas a la agricultura entre otras, en su área de influencia. La magnitud de algunos incendios o la frecuencia con que estos ocurren, hacen que el componente ambiental sobre el cual se soportan los ecosistemas forestales, el suelo, no pueda cumplir con los ciclos de regeneración natural de forma irreversible alterando su potencialidad biológica.

La creciente preocupación mundial por la sostenibilidad y multifuncionalidad de los recursos naturales y por la preservación del medio ambiente, conlleva el compromiso de observar los principios y criterios universales de conservación del patrimonio forestal, que asegure, tanto para las generaciones presentes como para las generaciones futuras, las funciones ecológicas, económicas y sociales de los terrenos forestales.

Puede definirse una metodología para restaurar los sistemas forestales incendiados, de manera que se consiga frenar los procesos erosivos actuales, controlar las posibles avenidas, favorecer la regeneración natural de la cubierta vegetal y reforestar las zonas desprovistas de vegetación. Esta metodología comprende acciones en las cuencas vertientes (ayudas a la regeneración natural, repoblaciones forestales, apilado y eliminación de madera quemada, etc.) y acciones puntuales en la red de drenaje (hidrotecnias de corrección) y en las laderas, así como en la red vial y ferroviaria.

Figura 16. Aspectos que es necesario tener en cuenta para la restauración de un área en particular



Fuente: Jorge Eduardo Loayza Pérez (2023)

2. RESTAURACIÓN

La restauración es un proceso de ayuda a la recuperación de un área, ecosistema, o paisaje degradado, dañado o destruido, con el propósito de retomar su trayectoria ecológica, mantener la resiliencia, conservar la diversidad biológica y restablecer la funcionalidad de los ecosistemas y paisajes.

2.1. OBJETIVOS DE LA RESTAURACIÓN

La restauración de áreas afectadas por incendios forestales tiene como objetivos fundamentales la recuperación del ecosistema afectado y el control de los procesos erosivos que, tras el incendio, pueden desencadenarse y que incrementan notablemente la magnitud y duración del impacto del incendio.

Se pueden citar los siguientes objetivos:

- Recuperación de la integridad del ecosistema, o, al menos, de sus aspectos más relevantes en términos de composición, estructura y funcionamiento.
- Conservación y mejora del suelo, cuyas características iniciales, especialmente contenido y calidad en materia orgánica, textura, estabilidad de agregados y velocidad de infiltración, juegan un papel relevante no sólo en el posible proceso erosivo post incendio sino también en la posibilidad de exploración del sustrato por parte de las plantas y en las reservas de agua disponibles para ellas, factores críticos en la supervivencia de los nuevos individuos introducidos por siembra y/o plantación o procedentes de regeneración.
- Limitación de la escorrentía y de la pérdida de suelo por erosión en laderas.
- Control de la erosión en cauces, en los que se origina la mayor producción de sedimentos.
- Reducción del riesgo de avenidas e inundaciones tras el incendio, ya que el incremento de los caudales máximos inducido por el incendio puede aumentar significativamente el riesgo de daños sobre personas, infraestructuras de diversos tipos y otros bienes materiales.
- Reducción de la emisión de sedimentos y de la colmatación de embalses y presas.
- Reducción de la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

2.2. ORGANIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN

2.2.1. ORGANIZACIÓN (ASPECTOS GENERALES)

1. Urgencia de la restauración.

A la hora de realizar la restauración de una zona forestal incendiada, lo primero que hay que determinar es la urgencia de dicha recuperación.

2. Extensión y características de la zona afectada.

Para ello hay que tener en cuenta la extensión de la superficie incendiada, las características de los ecosistemas afectados y el impacto socioeconómico que el incendio va a ocasionar en la comarca.

3. Estudio de los componentes afectados.

No debe realizarse ninguna actuación restauradora sin un estudio completo del medio físico y socioeconómico, de sus recursos y de su evolución dinámica, y sin una planificación, en el espacio y en el tiempo, de todas las actuaciones. Es evidente, que una primera observación de la zona quemada y de las consecuencias del incendio, permitirá ver el grado de urgencia de las actuaciones a realizar, así como los principales tipos de acciones a ejecutar.

4. Planificación.

Los resultados de este análisis permitirán, pues, planificar las actuaciones, delimitando por un lado las actuaciones de urgencia y, por el otro las actuaciones para la restauración de la cubierta forestal tras el incendio.

2.2.2. PLANIFICACIÓN

Además de estas actuaciones urgentes es fundamental la realización de un proyecto para la inmediata restauración de la cubierta vegetal en la zona incendiada, ya que estas actuaciones urgentes no conducen por sí solas a la recuperación de la zona incendiada, sino que sirven para paliar los efectos negativos (hidrológicos y erosivos) que se generan tras el incendio.

El orden de prioridad para la ejecución de estas tareas de restauración debe basarse en la zonificación efectuada en el estudio y análisis de riesgos realizado previamente. Dicha zonificación marca igualmente la elección de los métodos de restauración más adecuados en cada caso, incluyendo elección de especies, métodos de preparación y mejora del suelo, métodos de implantación de la vegetación, tratamientos selvícolas de ayuda a la regeneración, mecanización, tratamientos selvícolas tras la implantación de la nueva vegetación, tratamiento

de restos y actuaciones auxiliares (pistas de acceso, medidas preventivas contra incendios, obras de corrección hidrológica, etc.).

Este proyecto debe realizarse una vez transcurrido un cierto tiempo (variable en cada caso) desde el incendio, para poder tener una perspectiva espacial y temporal de la evolución de las masas forestales que había antes de ser afectadas por el fuego. Las principales actuaciones a realizar dentro de ese proyecto de restauración, se resumen a continuación.

6. Inventario de regeneración

Uno de los objetivos principales del proyecto debe consistir en analizar el estado en el que se halla la zona de estudio tras el incendio, transcurrido un cierto tiempo (diferente en cada caso) desde que aquél tuvo lugar. Es decir, en qué estado de regeneración se encuentran esas superficies, para después decidir y proyectar las actuaciones que sean pertinentes, con el fin de favorecer la restauración de dichas zonas de cara a minorar los procesos de degradación. Para ello es necesario distinguir distintas unidades homogéneas de regeneración, caracterizadas por un determinado tipo de regenerado, en las que posteriormente y teniendo en cuenta otros factores (suelos, pendientes, insolación, humedad disponible), se desarrollen las actuaciones convenientes. La definición de las unidades homogéneas se basa en los resultados obtenidos de la realización de un Inventario de regeneración. La elaboración de este inventario se fundamenta en un reconocimiento y observación directos en campo, de los cuales resultan los diferentes tipos de regeneración.

7. Actuaciones de restauración

Una vez realizado un exhaustivo estudio del medio natural y socioeconómico de la zona objeto del proyecto, junto con la elaboración del inventario de regeneración, se está en posesión del grado de conocimiento requerido para determinar las necesidades y capacidades de las zonas incendiadas, y por tanto, para la toma de decisiones de cara a definir las correspondientes actuaciones de restauración. En consecuencia, se diferencian, según factores físicos y biológicos, una serie de unidades de actuación en las que se diseñan distintas operaciones. Así, se tienen zonas que no poseen apenas regenerado mientras

que otras presentan una buena regeneración, incluso pudiendo llegar a ser excesiva en algunos rodales. En consecuencia, las actuaciones a realizar son diametralmente opuestas: se procede a reforestar o completar espesura en las zonas donde el regenerado no tiene la abundancia suficiente, mientras que en los rodales con una densidad elevada, que puede resultar perjudicial por competencia, se lleva a cabo una selvicultura que elimine los pies sobrantes. De manera global pueden definirse los siguientes tipos de actuaciones genéricas:

7.2. Actuación intensa

Corresponde con zonas de regeneración escasa y matorral claro, cuyo destino es la reforestación completando espesura. Con esta actuación se pretende la recuperación de la vegetación favoreciendo el desarrollo del arbolado previamente existente y que está ausente tras el incendio.

7.3. Actuación moderada favoreciendo el arbolado

Se identifica con las zonas con regeneración moderada y matorral denso. La regeneración en estas áreas es medianamente buena con lo que la actuación que se tiene que llevar a cabo debe ser moderada. Por su parte, el matorral es denso con lo que se considera más apropiado favorecer el arbolado que el matorral; en definitiva, interesa densificar la espesura.

7.4. Actuación moderada favoreciendo el matorral

Se trata de una actuación muy similar a la anterior, correspondiéndose con las áreas de regeneración moderada con matorral claro. La única diferencia con la actuación anterior estriba en que al presentar una densidad de matorral menor se debe procurar favorecer el matorral frente al arbolado, alterando ligeramente las proporciones entre matorral y arbolado.

7.5. Actuación ligera

Se corresponde con zonas con regeneración abundante. La actuación que se debe poner en práctica es mínima debido a que la regeneración es buena y abundante. No resulta necesario incrementar la densidad por lo que no se introduce nueva vegetación. Sin embargo, si existiesen algunos rodales en los que el regenerado es excesivo, lo que supondría una competencia tal que si no

se actuase sobre ellos los pies pertenecientes a esos rodales crecerían débiles, pudiendo llegar incluso a morir, debe procederse a efectuar clareos en dichos rodales. En principio se actúa cortando los pies mal conformados y dominados en los grupos de regeneración de excesiva densidad, tratando de favorecer los pies que han de perdurar, de modo que no se malgasten nutrientes y agua en una competencia que de forma natural llevará a la muerte de los pies afectados por el clareo. Los pies extraídos no tienen aprovechamiento forestal.

7.6. Actuación en barrancos

Este tipo de actuación debe desarrollarse en los barrancos y vaguadas de la zona incendiada. En estos parajes la configuración topográfica da lugar a la acumulación de escorrentía, por lo que las especies que viven y/o que pueden introducirse en los mismos son más higrófilas que en las posiciones de ladera o llanura. En consecuencia, en estos barrancos y vaguadas se procede a la plantación con especies más adaptadas a esta situación, con lo que se incrementa la diversidad, con el consiguiente efecto positivo en el paisaje y en el ecosistema. En lo que se refiere a los incendios forestales, la presencia de esta vegetación constituye una barrera frente al paso del fuego.

7.7. Colocación de árboles cebo.

De los pies a eliminar, se dejan varios fustes troceados y colocados estratégicamente por la superficie afectada, a fin de conseguir que sean cebo para el ataque de las posibles plagas. Estos árboles cebo se eliminan en el momento adecuado a fin de evitar la propagación de dichas plagas. Es evidente, que parte de las actuaciones que se hayan realizado ya, sirven de manera complementaria como labores de defensa de la masa, sobre todo al conseguir recuperar la vitalidad de las formaciones vegetales y, por ende, aumentando su resistencia frente a enfermedades y plagas.

7.8. Actuación en las infraestructuras viarias

Para completar la restauración integral de la zona incendiada, deben realizarse una serie de actuaciones sobre las infraestructuras de la red vial y ferroviaria, si fuera el caso. Las más importantes son:

- Arreglo de las pistas que se hayan visto dañadas por el paso de la maquinaria durante las labores de extinción.
- Completar las labores de limpieza de pasos de agua y de cunetas en aquellos tramos que no se hayan arreglado durante las actuaciones de urgencia.
- Reparar los tramos de vías férreas que se pueden haber afectado. Esta labor es quizás la más urgente.

8. SUGERENCIAS PARA LA REPOBLACIÓN FORESTAL EN ZONAS DEGRADADAS.

- La apertura de hoyos debe realizarse de manera mecánica mediante tractor de orugas hasta pendientes del 30%, puesto que puede circular sin volcar siguiendo las curvas de nivel, siempre que no existan piedras a la profundidad en que se trabaja ni los suelos sean excesivamente arcillosos.
- Si la pendiente está entre el 30% y el 50% la mecanización empieza a complicarse, y debe realizarse mediante ahoyado manual cuando los problemas de erosión o daños a la vegetación preexistente desaconsejen la introducción de la maquinaria de alta estabilidad.
- A partir del 50% de pendiente, la preparación del terreno debe hacerse de modo manual. En cuanto a los hoyos, las dimensiones deben ser de 40x40x40 y siempre que se pueda, la distribución debe ser al tresbolillo de forma que el agua que escurra siempre sea recogida en algún hoyo.
- Otra posibilidad para la preparación del suelo en zonas áridas y semiáridas es la utilización de procedimientos como microcuencas o cuencas de contorno que se apliquen para regular las escorrentías, utilizando sus caudales en beneficio de la repoblación, de manera que temporalmente se modifica el comportamiento hidráulico de la ladera. Con la construcción de estas estructuras es posible controlar la velocidad del flujo por debajo de los límites erosivos al evitar una excesiva acumulación de caudal.
- A partir del 50% de pendiente, en aquellas zonas donde la intensidad de los procesos erosivos existentes y las altas pendientes presentes aconsejan realizar las labores de reforestación mediante unos procedimientos más adecuados a dichas circunstancias, se plantea la construcción de escalones de matorral.

- En las laderas erosionadas y con fuertes pendientes puede recurrirse también a las mantas y redes orgánicas con hidrosiembra, de forma que quede protegida toda la superficie frente a los procesos erosivos durante el tiempo que tarda en instalarse la vegetación. Estas técnicas resultan altamente eficaces al proteger el suelo de manera inmediata al evitar el impacto de las gotas de lluvia sobre el terreno y el sellado de los poros, y aumentar la rugosidad, todo lo cual ayuda a mantener la velocidad de infiltración. A ello se une su capacidad de incrementar la germinación de semillas y el crecimiento de las plantas, al elevar el contenido de humedad del suelo y reducir la temperatura de su superficie.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Román, F; Mamani, A; Cruz, A; Sandoval, C; Cuesta, F. 2018. Orientaciones para la Restauración de Ecosistemas forestales y otros Ecosistemas de Vegetación Silvestre. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Lima, 108 p.
2. Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Inventario de Tecnologías disponibles en España para la lucha contra la Desertificación. Gobierno de España (2008). Ficha de la Tecnología. Restauración de zonas forestales incendiadas. Disponible en:
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/0904712280144d73_tcm30-152596.pdf
(Consultado: 11-04-23)

CAPÍTULO 7

INVESTIGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

1. INTRODUCCIÓN

En todo incendio forestal existen tres momentos:

- **ANTES:**

Implica actividades de prevención de un incendio forestal analizando las condiciones climatológicas (vientos: velocidad, dirección; temperatura, otros), topografía, presencia de residuos vegetales combustibles, difusión y vigilancia de Buenas Prácticas Forestales, Buenas Prácticas Agroforestales, Buenas Prácticas de Silvicultura, entre otras, lo que significa: prepararse lo mejor, esperando lo peor

- **DURANTE:**

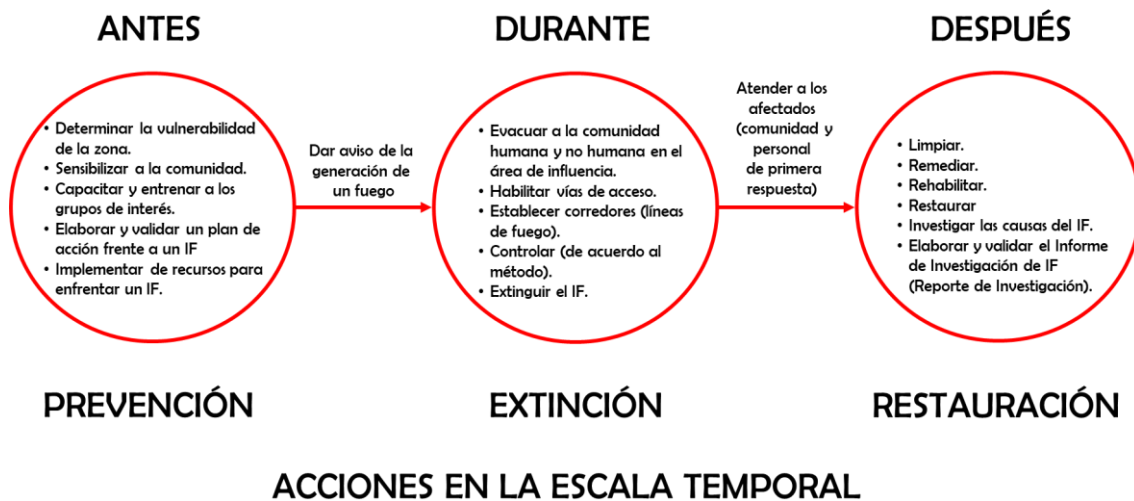
Hay que controlar el incendio, cercándolo y extinguiéndolo. En paralelo de debe evacuar a la población presente en la zona de influencia directa e indirecta; así como al ganado, si es que lo hubiera. El Jefe de la Brigada y sus asistentes, deben registrar toda la información que pueda contribuir a la investigación de las causas.

- **DESPUES:**

Corresponde a la remediación, rehabilitación y finalmente restauración ambiental de las zonas afectadas, es la etapa que demora mayor tiempo. Con relación a la investigación, se debe centralizar toda la información disponible, incidiendo en los hallazgos encontrados, incluyendo la información con que cuente la policía. Luego se prepara un informe final donde se puedan indicar claramente las causas, para prevenir futuros incendios.

Figura 17. El Antes, el Durante y el Después de un Incendio Forestal

ANÁLISIS TEMPORAL DE UN INCENDIO FORESTAL



Elaboración: Jorge Eduardo Loayza Pérez (2023)

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN DE UN INCENDIO FORESTAL

2.1. OBJETIVO GENERAL:

Identificar las causas, que han dado origen a un incendio forestal.

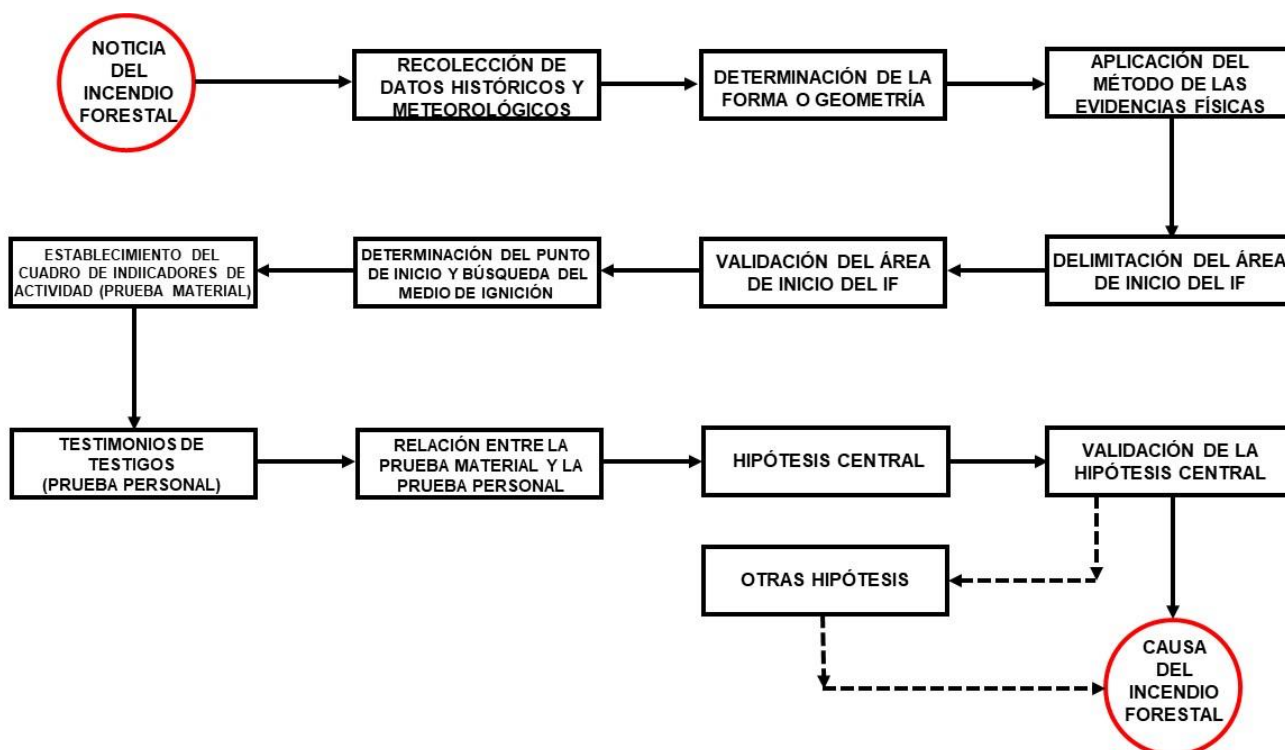
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar las causas inmediatas (mediante las evidencias físicas -y gráficas- y entrevistas) y las causas estructurales o básicas (mediante entrevistas a los diversos actores: pobladores, bomberos, rescatistas, policía, voluntarios, etc.).
- Prevenir futuros incendios forestales a partir del análisis de las causas, teniendo en cuenta el balance de los daños, consecuencias o impactos ocasionados.

3. PROCESO DE INVESTIGACIÓN DE UN INCENDIO FORESTAL (IF)

En la Figura 16, se muestra en un diagrama de bloques las etapas del proceso de investigación de las causas, desde que se registra la noticia de la ocurrencia de un incendio forestal.

Figura 18. Proceso de Investigación de un Incendio Forestal (IF)



Elaboración: Jorge Eduardo Loayza Pérez (2023)

4. ASPECTOS A CONSIGNAR EN EL REPORTE DE INVESTIGACIÓN

Para una completa investigación de un Incendio Forestal, los encargados de realizar la investigación deben recabar información del antes, del durante y del después, las cuales deben consignarse en diversos formatos diseñados para tal fin, se podrá elegir cualquiera de ellos, dependiendo de la institución que los requiera. Los aspectos básicos (sugeridos) a ser consignados en el reporte de investigación se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Información básica que debe formar parte del Informe Final (*)
(Cuadro Resumen)

Ítem	Aspecto
1	Identificación del Incendio Forestal
2	Fechas notables (Puede ser en una línea de tiempo)
3	Lugar (Área de Influencia)
4	Factores que influyen en la ocurrencia del Incendio Forestal
5	Tipo de incendio y forma
6	Causas
7	Afectados y daños
8	Control, cercado y extinción
9	Restauración
10	Costos y pérdidas económicas
11	Conclusiones
12	Recomendaciones
13	Lecciones Aprendidas
A1	Miembros de la Brigada
A2	Personal que realizó la investigación
A3	Testigos
A4	Información Gráfica

A = Anexos

(*) Las instituciones que utilicen el presente documento la pueden reducir, ampliar o complementar el tipo de información requerida, de acuerdo a la realidad de sus regiones o países.

Cuadro 4. Información básica que debe formar parte del Informe Final

Ítem	ASPECTO	BREVE DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
1	Nombre del Incendio Forestal	Se indicará para un rápido reconocimiento	Puede responder al nombre con que se le conoce la zona y como se le ubica
2	Fecha en que se alertó	Fecha del primer aviso	Es muy importante que la comunidad sea capacitada para avisar rápidamente la iniciación de un fuego
	Fecha en que comenzaron las acciones de extinción	Fecha en que llega la brigada	Desde las acciones iniciales, esta información servirá para mejorar la capacidad de respuesta
	Fecha en que se extinguió el incendio	Fecha en que se dio por terminada la labor de bomberos, comunidad y voluntarios	La información servirá para correlacionar el tiempo de la extinción con la extensión y otros factores intervinientes
	Fecha en que se reavivó	Es posible que el fuego se reinicie	Si fuera el caso, es necesario analizar las condiciones para que esto ocurra
	Fecha en que se extinguió definitivamente	Si es que aplica	Si fuera el caso

3	Lugar exacto	Coordenadas	Incluir mapa
	Área de influencia directa	La afectada por el incendio	Mapa, Croquis, otros
	Área de influencia indirecta	La afectada indirectamente	Mapa, Croquis, otros
4	Accidentes topográficos	Pendiente y relieve	Información disponible en las instituciones respectivas
	Viento	Presencia de vientos predominantes en el área de influencia	Proporcionados por las estaciones meteorológicas
	Clima	Parámetros climatológicos	Proporcionados por las estaciones meteorológicas
	Tipo de vegetación	Predominante en la zona	Inventario de especies
5	Tipo de Incendio	Definir el tipo de acuerdo a lo indicado en la Guía	Utilizar diversos criterios
	Forma o Geometría	Asignar de acuerdo a lo indicado en la Guía	Diagrama
6	Causas inmediatas	Lo que ha podido ser observado	Inmediatamente antes de que se registre el incendio (¿Cómo se generó el fuego?)
	Causas estructurales o básicas	Las investigables	Las que requieren investigación detallada (¿Por qué se generó el fuego?)
	Involucrados (identificados)	Causantes directos e indirectos del accidente	Si fuera el caso
7	Población afectada	Cantidad	Dentro del área de influencia directa e indirecta /Edad/ Sexo/ Tipo de afectación
	Bomberos	Cantidad	Dentro del área de influencia directa e indirecta /Tipo de afectación
	Rescatistas	Cantidad	Dentro del área de influencia directa e indirecta /Tipo de afectación
	Voluntarios	Cantidad	Dentro del área de influencia directa e indirecta /Tipo de afectación
	Ganado (*)	Especie y cantidad	Dentro del área de influencia directa e indirecta /Tipo de afectación
	Cosechas (*)	Especie y cantidad	Dentro del área de influencia directa e indirecta /Tipo de afectación
	Recursos forestales (*)	Especie y cantidad	Dentro del área de influencia directa e indirecta /Tipo de afectación
	Viviendas (*)	Casas y otros	Dentro del área de influencia directa e indirecta /Tipo de afectación

	Infraestructura vial (*)	Carreteras y puentes	Dentro del área de influencia directa e indirecta /Tipo de afectación
	Infraestructura ferroviaria (*)	Vías y maquinaria	Dentro del área de influencia directa e indirecta /Tipo de afectación
8	Control del IF	Recursos utilizados	Esta información servirá para cuantificar los costos (gastos)
	Cercado del IF	Recursos utilizados	Esta información servirá para cuantificar los costos (gastos)
	Extinción del IF	Recursos utilizados	Esta información servirá para cuantificar los costos (gastos)
9	Restauración	Tipo	Remediación, rehabilitación y restauración
	Tiempo estimado	Para cada una de las etapas	Información recopilada del patrón de crecimiento de cada especie
	Especies	Utilizadas en la zona	Tipo de especie
10	Costos alquiler de equipos	Cantidad y costo unitario	Costos calculados en base a los costos unitarios
	Costos del combustible	Cantidad y costo unitario	Costos calculados en base a los costos unitarios
	Costos de los químicos	Cantidad y costo unitario	Costos calculados en base a los costos unitarios
	Costo de los materiales	Cantidad y costo unitario	Costos calculados en base a los costos unitarios
	Costos de especies forestales	Cantidad y costo unitario	Costos calculados en base a los costos unitarios
	Costo de habilitación	Cantidad y costo unitario	Costos calculados en base a los costos unitarios
	Pérdidas económicas	Sumatoria de todas las pérdidas	Tomar como referencia el Aspecto 7 (*)
11	Conclusiones	Las conclusiones se centran en las causas	Elaboradas por el grupo de investigación
12	Recomendaciones	Lo que se sugiere tener en cuenta o hacer	Elaboradas por el grupo de investigación
13	Lecciones aprendidas	Qué errores no se deben volver a cometer	Elaboradas por el grupo de investigación
A1	Miembros de la Brigada	Listado de los que participaron en las labores realizadas	Información disponible, recabada de la Autoridad Competente
A2	Personal que realizó la investigación	Listado de los participantes en la investigación	Relación de todos los que participaron directa e indirectamente
A3	Testigos	Listado de testigos identificados	Entrevistados por el personal que realizó la investigación
A4	Información Gráfica	Fotos, videos, otros.	De diversas fuentes; medios de comunicación, testigos, miembros de la brigada, policía, otros.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Proyecto Manejo Integrado del Fuego. Metodología de Investigación de Causas que provocan los Incendios Forestales (2015). Curso de Investigación de Causas de los Incendios Forestales. Ministerio de Ambiente. Gobierno de la República de Panamá.
2. Los nuevos datos lo confirman: Los incendios forestales están empeorando. <https://www.wri.org/insights/global-trends-forest-fires#>
(Consultado: 12-04-2023)

ANEXO 1

NORMATIVA

Figura 19 Resumen del Marco Normativo relacionado con los Incendios Forestales



LEY FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE N° 29763

La Ley N° 29763 desarrolla un procedimiento y una metodología que contempla la prevención y control de incendios forestales a través de su Reglamento denominado “Plan Nacional Forestal y de Fauna Silvestre” (Artículo 24).

D.S N° 018-2015-MINAGRI

Artículo 207.- Infracciones vinculadas a la gestión del Patrimonio regulado en el Reglamento

207.3 Son infracciones muy graves las siguientes:

- a. Provocar incendios forestales
- b. Realizar la quema de los recursos forestales que forman parte del Patrimonio.

Artículo 209.- Sanción de multa

209.2 La sanción de multa por la comisión de las infracciones indicadas en el artículo 207 es: en el inciso c. Mayor a 10 hasta 5000 UIT por la comisión de infracción muy grave.

D.S N° 020-2015-MINAGRI

Artículo 107.- Infracciones en concesiones para plantaciones forestales y contratos de cesión en uso para sistemas agroforestales

107.3 Son infracciones muy graves las siguientes:

- a. Provocar incendios forestales
- b. Realizar la quema de los recursos forestales que forman parte del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre de la Nación.

Artículo 109.- Sanción de multa por la comisión de infracciones en concesiones para plantaciones forestales y contratos de cesión en uso para sistemas agroforestales

109.2 La sanción de multa por la comisión de las infracciones indicadas en el artículo 107 es: inciso c. Mayor a 10 hasta 5000 UIT por la comisión de infracción muy grave.

D.S N° 021-2015-MINAGRI

Artículo 137.- Infracciones vinculadas a la gestión del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre en Comunidades Campesinas y Comunidades Nativas

137.3 Son infracciones muy graves las siguientes:

- a. Provocar incendios forestales
- b. Realizar la quema de los recursos forestales que forman parte del Patrimonio

Artículo 139.- Sanción de multa

139.2 La sanción de multa por la comisión de las infracciones indicadas en el artículo 137 es: inciso c. Mayor a 10 hasta 5000 UIT por la comisión de infracción muy grave.

ANEXO 2

GLOSARIO

Cárcava

Una cárcava es una incisión producida sobre suelos y rocas del tipo arcillas con pendientes acusadas, por la acción del agua de escorrentía. Se trata de hendiduras estrechas y profundas separados por aristas, excavadas por la erosión de aguas de escorrentía superficial en materiales blandos (arcillas y margas) carentes de vegetación. Aparecen en regiones de características áridas y semiáridas; o luego de incendios forestales en zonas dónde no se han realizado labores de restauración de suelos.

(<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-carcava>)

Cortafuego

Faja de terreno que no tiene combustible o donde éste no está en condiciones de arder. De esta forma los cortafuegos cortan la continuidad de la vegetación, impidiendo así que el fuego se propague al carecer de combustible. (CONAF: <https://www.conaf.cl/>).

Ecosistema

Es el complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio abiótico que interactúan como una unidad funcional. (Román, Mamani, Cruz, Sandoval, Cuesta, 2018)

Ecosistema degradado

Ecosistema que ha sufrido la pérdida total o parcial de sus componentes esenciales, lo que altera su estructura y funcionamiento, y disminuye, por tanto, su capacidad de proveer bienes y servicios. (Román, Mamani, Cruz, Sandoval, Cuesta, 2018)

Ecosistema forestal

Es el ecosistema de vegetación silvestre donde predomina la vegetación arbórea. Ecosistema de referencia. Es el ecosistema que sirve de modelo para la planificación de un proyecto de restauración y su posterior monitoreo.

Representa un punto avanzado de desarrollo a lo largo de la trayectoria ecológica de un ecosistema que se desea restaurar. (Román, Mamani, Cruz, Sandoval, Cuesta, 2018)

Línea de control

Es el conjunto continuo de cortafuegos naturales y artificiales ya presentes en el área afectada y de los cortafuegos que se construyen durante el combate. (CONAF: <https://www.conaf.cl/>).

Línea de fuego

Es una franja estrecha de terreno donde la vegetación combustible en la trayectoria del incendio se elimina con fuego, aplicado a partir de una faja de un ancho no mayor a un metro, donde el suelo se ha raspado y cavado hasta el suelo mineral, o sea hasta que sólo haya tierra y piedrecillas. (CONAF: <https://www.conaf.cl/>).

Regeneración natural

Proceso de recuperación poblacional de las especies forestales mediante su propagación sexual o asexual, que se produce sin la intervención del hombre. (Román, Mamani, Cruz, Sandoval, Cuesta, 2018)

Rehabilitación

Cualquier intento por recuperar elementos estructurales o funcionales dentro de un ecosistema degradado. A diferencia de la restauración, la rehabilitación puede ayudar a restablecer algunas, pero no necesariamente todas, las especies de flora y fauna que originalmente estuvieron presentes en un ecosistema. (Román, Mamani, Cruz, Sandoval, Cuesta, 2018)

Restauración

Proceso de ayuda a la recuperación de un área, ecosistema, o paisaje degradado, dañado o destruido, con el propósito de retomar su trayectoria ecológica, mantener la resiliencia, conservar la diversidad biológica y restablecer la funcionalidad de los ecosistemas y paisajes. (Román, Mamani, Cruz, Sandoval, Cuesta, 2018)

Restauración ecológica

Restauración ecológica, acción humana cuyo objetivo es facilitar el tránsito del ecosistema degradado hacia algún estado de referencia histórico, que es representativo de la condición pre-perturbación, sea esta natural o seminatural. La restauración ecológica tiene varios objetivos fundamentales, incluyendo: detener las causas que originaron la degradación, recuperar la vegetación y fauna propia de los ecosistemas históricos del área, facilitar y acelerar el proceso de sucesión ecológica, estimulando la regeneración natural, y promover acciones de autorrecuperación que permitan al ecosistema sostener su condición en el futuro. (<https://restauracionecologica.mma.gob.cl/definiciones/>)

Sucesión ecológica (Sucesión Vegetal)

Secuencia de cambios estructurales y funcionales que experimenta la vegetación de un ecosistema con el paso del tiempo. (Román, Mamani, Cruz, Sandoval, Cuesta, 2018)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Román, F; Mamani, A; Cruz, A; Sandoval, C; Cuesta, F. 2018. Orientaciones para la Restauración de Ecosistemas forestales y otros Ecosistemas de Vegetación Silvestre. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Lima, 108 p.
2. CONAF: <https://www.conaf.cl/>

ANEXO 3

GUÍA RÁPIDA PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL (EXTINCIÓN) DE INCENDIOS FORESTALES

SOLO TÚ PUEDES PREVENIR LOS INCENDIOS FORESTALES

PRESENTACIÓN

Los incendios forestales se han ido incrementando a nivel nacional, causando impactos económicos, sociales y ambientales a las zonas más vulnerables del país. Los incendios forestales de origen humano se pueden prevenir, pero cuando se generan y desarrollan, son muy difíciles de combatir, ya que requieren no solo del aporte de personal especializado, sino también de recursos materiales (equipamiento, medios de extinción, maquinarias y otros) que son muy costosos. Los incendios forestales pueden deberse causas naturales como a causas humanas, pero la inmensa mayoría se deben causas humanas. Las consecuencias de un incendio forestal se deben al rápido avance del frente del mismo, ocasionando daños a cultivos, pastizales, árboles, arbustos y masa forestal, con la consiguiente pérdida de biodiversidad; así como daños a la salud humana, la propiedad, la infraestructura rural, vial o ferroviaria, según sea el caso. Del análisis de los incendios forestales producidos, tanto a nivel nacional como internacional, hay evidencia relevante de que es más económico prevenir un incendio forestal que controlarlo (extinguirlo o combatirlo) o rehabilitar, remediar o restaurar la zona afectada, por ello es que se deben difundir las medidas de prevención para evitar sus graves consecuencias.

RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA PREVENCIÓN

Se sabe que los incendios forestales causan estragos en el medio ambiente y tienen una gran cantidad de causas, pero la mayoría de ellas se atribuyen a nosotros los humanos, ya sea por desconocimiento, por descuido y por negligencia.

Para prevenirlo debes tener en cuenta lo siguiente:

1. Es necesario que sigas las recomendaciones establecidas para tu zona, área o localidad.

- Debes asegurarte de seguir todas las normas y leyes que se apliquen en tu localidad, y respetar la señalización cuando se trata de encender fuegos, especialmente, cuando se hacen fogatas al aire libre.
- Estas leyes se aplican rigurosamente en épocas específicas de clima seco del año (secano), por lo que también debes estar atento a ellas.
- También es necesario un conocimiento especial de *qué* materiales y productos se pueden quemar.

2. Si fuera necesario, sólo debes generar un fuego en lugares seguros.

- Cuando necesites hacer un fuego, debes asegurarte de hacerlo en áreas que puedan controlarse y que un incendio no se propague a otros lugares.
- Esto es muy importante, sobre todo en la agricultura, cuando se usan las practicas ancestrales del rozo y quema.
- Esta medida facilita la contención del fuego y evita su propagación.

3. No quemes materiales peligrosos.

- Si se vas a realizar una quema controlada, usa sólo materiales orgánicos como maderas, hojas o rastrojos, desechos de poda o similares.
- Si colocas materiales peligrosos en el fuego, estos harán que el fuego se propague a un ritmo mucho más rápido y cause más daños en el área en la que se encuentra.
- Además, los materiales peligrosos al quemarse liberan al ambiente contaminantes químicos, que al ser inhalados pueden provocar daños a la salud, inclusive cáncer.

4. Educar a los niños y a la comunidad en general.

- Muchos incendios forestales son causados por niños o miembros de la comunidad distraídos (negligentes), que generan un fuego en lugares inadecuados y con materiales peligrosos, ocasionando un incendio.
- Enseña a tus hijos y la comunidad en general, sobre la importancia de los bosques y los productos forestales.

5. Organización familiar y comunal preventiva.

- Debes elaborar un plan familiar básico en caso de que ocurra un incendio forestal.
- Debes preparar una mochila de emergencia.
- Debes ubicar un lugar hacia dónde ir y llevar a tu ganado, si es que fuera el caso.

6. Durante el inicio del fuego y el desarrollo del incendio.

- Debes alertar sobre el inicio de un fuego comunicando a las autoridades locales.
- Si no estás capacitado, evacúa la zona para resguardar tu salud y la de tu familia, y si fuera posible hazlo con tus animales (ganado) ganado.
- Si estás capacitado, colabora con las brigadas, luego de haber puesto a salvo a tus familiares y animales (ganado).

CONTROLAR, EXTINGUIR O COMBATIR

1. ACCIONES PREVIAS.

- Capacitar al personal de las instituciones involucradas sobre la dinámica de los distintos tipos de incendios forestales.
- Entrenar al personal de primera respuesta destinado para tal fin (bomberos especializados).
- Capacitar y entrenar a la comunidad de las zonas vulnerables, para que puedan dar alertas tempranas y que pueda apoyar en caso que se requiera.

2. FORMACIÓN DE LA BRIGADA.

- Se debe elegir a un Jefe de la Brigada y a sus asistentes.
- Se debe identificar el lugar más apropiado para establecer el puesto de mando.
- Se deben proporcionar los recursos necesarios, dependiendo del tipo de fuego, la extensión del área involucrada, las características de la zona y las condiciones climatológicas.

3. ACCIONES DE LOS BOMBEROS ESPECIALIZADOS

- Las Brigadas de Bomberos Forestales activarán sus protocolos para controlar (cercar), combatir y extinguir un Incendio Forestal.