

Unidad 1 – El ambiente del fuego

OBJETIVOS:

Al terminar esta unidad los estudiantes serán capaces de:

1. Describir los tres componentes del ambiente de los incendios forestales.
2. Enumerar y dar ejemplos de los tres métodos de transferencia del calor.
3. Enumerar tres métodos de transporte masivo de pavesas en incendios forestales.
4. Explicar la relación entre la altura/ longitud de la llama y su relación con la intensidad de la línea de fuego.
5. Describir los principales factores ambientales que afectan la ignición, la intensidad del fuego y la velocidad de propagación de los incendios forestales.
6. Discutir la relación de los incendios forestales de diferentes intensidades con sus ambientes.
7. Describir el comportamiento de incendios forestales usando terminología estándar de comportamiento del fuego.



## I. EL AMBIENTE DE INCENDIOS FORESTALES

### A. Comportamiento de los incendios forestales.

El S-190, Introducción al comportamiento de los incendios forestales explicó el triángulo del fuego (calor, oxígeno y combustible) e introdujo el triángulo de comportamiento del fuego (combustibles, tiempo atmosférico y topografía).

A través de este curso aprenderá cómo los componentes del triángulo de comportamiento del fuego varían en el espacio y en el tiempo para producir cambios en el comportamiento de los incendios forestales.

El comportamiento de los incendios forestales puede ser definir como la manera en la cual los combustibles se encienden, las llamas se desarrollan y el fuego se propaga y expone otros fenómenos.

El análisis del comportamiento del fuego reconoce la complejidad de los muchos factores variables que influyen en él.

El comportamiento de los incendios forestales está determinado por su ambiente físico. La velocidad de propagación, la intensidad del fuego y otras características del comportamiento del fuego responden a la combinación única, y a siempre cambiante, de los componentes del ambiente del fuego.

No solo el ambiente afecta el comportamiento del fuego, sino que el fuego en sí mismo puede influir en el ambiente en el que se está quemando.

### B. Los tres componentes del ambiente de los incendios forestales

- Tiempo atmosférico
- Topografía
- Combustibles

Los estados cambiantes de cada uno de los componentes ambientales — tiempo atmosférico, topografía y combustibles — y sus interacciones entre sí y con el fuego mismo, determinan las características y el comportamiento de un fuego en un momento dado.

Los cambios de comportamiento del fuego en espacio y tiempo ocurren en relación con los cambios en los componentes ambientales.

C. Factores de tiempo atmosférico relacionados con los incendios forestales

Hay cinco factores relacionados con el tiempo atmosférico:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Estabilidad atmosférica
- Velocidad y dirección del viento
- Precipitación

El tiempo atmosférico es el más variable componente del ambiente del fuego. Depende de la masa de aire actual y de la hora del día.

Estos factores de tiempo atmosférico pueden variar con el tiempo y el espacio en periodos de tiempo cortos y largos.

Hay cinco factores topográficos importantes para el comportamiento de los incendios forestales:

- Altitud
- Posición en la pendiente
- Exposición
- Configuración del terreno
- Inclinación de la pendiente

La topografía es el más constante de los tres componentes del ambiente del fuego.

El factor más importante de la topografía es la inclinación de la pendiente, ya que los cambios en la inclinación tienen efectos muy directos y profundos en el comportamiento del fuego.

Factores del combustible importantes para el comportamiento de los incendios forestales:

- Carga de combustible
- Tamaño y forma
- Compactación
- Continuidad horizontal
- Continuidad vertical
- Contenido químico

Estos seis factores son características del tipo de estado vegetativo del complejo de combustible.

Estos factores del combustible pueden variar tanto en el tiempo como en el espacio, pero generalmente en un periodo de tiempo largo.

Otros factores importantes del combustible que afectan el comportamiento del fuego son la humedad y temperatura del combustible.

La humedad y temperatura del combustible son directamente afectadas por los tres componentes principales del ambiente del fuego y pueden variar tanto en el tiempo como en el espacio en periodos de tiempo muy cortos.

## II. TRES MÉTODOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

La transferencia de calor se refiere a los procesos físicos por los que la energía calórica se mueve a través del combustible no quemado, precalentando el combustible previo a la ignición y añadiendo a la propagación del fuego.

### A. Conducción

La conducción es la transferencia de calor de una molécula de materia a otra. Un ejemplo de conducción sería el mango de un sartén de hierro fundido demasiado caliente para tocarlo.

Debido a que la madera es generalmente un mal conductor de calor, la conducción es el método menos importante de los tres en incendios forestales.

## B. Convección

La convección es la transferencia de calor que resulta del movimiento de aire (o fluido).

Es la elevación boyante natural de aire caliente sobre una fuente de calor que induce la circulación dentro de una masa de aire.

Ejemplos de convección:

- Un fuego que se propaga de combustibles superficiales a combustibles aéreos.
- Columnas de humo que elevándose alto en la atmósfera.

La convección también incluye el contacto directo de la llama, un proceso potente de transferencia de calor, sobre todo en la cabeza del incendio.

## C. Radiación

La radiación es la transmisión de energía calórica por ondas electromagnéticas que pasan de una fuente de calor a un material absorbente.

1. Ejemplos de radiación:

- El calor recibido del sol.
- El precalentamiento de combustibles en el frente de llama.

La radiación de las brasas incandescentes o de las llamas es muy fuerte. Esta es la razón por la que los combatientes de incendios a menudo deben proteger la piel expuesta.

La cantidad de calor que reciben los combustibles delante del fuego depende de la intensidad del fuego y la distancia de este.

2. Factores que aumentan la transferencia del calor radiante:

- a. El fuego abajo precalienta combustibles de pendiente arriba.
- b. El fuego viaja más rápido cuando hay viento. El aumento del viento aumenta la intensidad del fuego añadiendo oxígeno.
- c. Una pila de madera quema más intenso que la madera dispersa porque los combustibles están concentrados.

¿Por qué? Parte de la respuesta es el incremento de calor radiante del fuego a los combustibles adyacentes.

Los combustibles ubicados a favor de la pendiente o en el lado de sotavento de las llamas se precalientan a un ritmo más rápido; por lo que la velocidad de propagación es incrementada.

D. Combinación de métodos de transferencia de calor

Las ramas sobre el fuego reciben el calor por convección y radiación.

Los fustes de árboles y los arbustos reciben el calor por radiación y convección del fuego.

Los combustibles en el suelo se precalientan por conducción y radiación.

El precalentamiento de combustibles puede ocurrir por todos estos métodos al mismo tiempo, dependiendo del arreglo o la carga de combustibles.

Los tres métodos de transferencia de calor son factores importantes en la determinación de la velocidad de propagación de un incendio forestal.

### III. MÉTODOS DE TRANSPORTE MASIVO DE PAVESAS EN INCENDIOS FORESTALES

Situación de Cuidado #16 – “Teniendo frecuentes focos secundarios a través de la línea de fuego.”

La principal causa de focos secundarios son las pavesas. Los focos secundarios representan uno de los más serios problemas para el control de incendios forestales.

Este transporte masivo de pavesas es llamado emitiendo pavesas. En cada uno de estos casos, nos enfrentamos a nuevas igniciones fuera del perímetro principal del fuego.

Los tres métodos del transporte de pavesas son:

#### A. Convección

Pequeñas piezas de material ardiendo pueden levantar en una columna de convección y ser transportadas a una distancia delante de un fuego.

Ejemplos de pavesas afectadas por la convección:

- Conos de pinos
- Escamas de corteza
- Agujas de pino

#### B. Viento

El viento por sí mismo puede causar focos secundarios a corta distancia por pavesas.

La combinación de viento y fuertes corrientes de convección pueden llevar pavesas a distancias considerables al lado de sotavento del fuego causando focos secundarios a larga distancia.

Ejemplos de pavesas afectadas por el viento:

- Escamas de corteza
- Agujas del pino



### C. Gravedad

La gravedad también puede ser responsable por pavesas pendiente abajo. Por lo general, cuanto más inclinada es la pendiente, mayores son los problemas de focos secundarios causado por material caliente que rueda pendiente abajo.

Los ejemplos de pavesas afectadas por la gravedad:

- Conos de pino
- Troncos

## IV. ALTURA/LONGITUD DE LLAMA Y SU RELACIÓN CON LA INTENSIDAD DE LA LÍNEA DE FUEGO.

### A. Altura de llama

- La altura de llama es el promedio de alturas de las llamas medidas en un eje vertical.
- Puede ser menor que el largo de llama, si las llamas están inclinadas.
- Usada para estimar el tamaño de la zona de seguridad.
- “La distancia de separación entre el combatiente y las llamas deben ser al menos cuatro veces la altura máxima de llama”

### B. Longitud de Llama

- La distancia medida desde la punta de la llama hasta el centro de la zona de llamas en la base del fuego.
- Medido en diagonal cuando las llamas están inclinadas debido a los efectos de viento y pendiente.

- Usada para estimar la intensidad de la línea de fuego.
  - La intensidad de la línea de fuego es la cantidad de calor emitido por metro del frente del fuego por segundo.
  - A pesar de que no puede observar una unidad térmica británica (Btu por sus siglas en inglés), puede medir la longitud de la llama visualmente.
  - Esta es expresada como Btu/pies (ft)/segundo (en el sistema métrico es kJ/m/s).

## V. PRINCIPALES FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA IGNICIÓN, INTENSIDAD DEL FUEGO, Y LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE LOS INCENDIOS FORESTALES.

El combatiente de incendios se preocupa por cómo el ambiente del fuego afecta la ignición, la intensidad del fuego y la velocidad de propagación de los incendios forestales.

### A. Ignición

1. La ignición de combustibles forestales requiere de una fuente de calor.

Esta puede ser natural (rayos) o artificial (fósforos, fogatas, chispas de la cadena de motosierras).

- Debe haber suficiente energía para calentar los combustibles a su temperatura de ignición, o la temperatura a la que el material se debe calentar para producir una combustión que se mantenga por sí misma.
- Para combustibles forestales esta es 315 °C.

2. Los factores principales que afectan la ignición de los combustibles forestales son:

- Tamaño y forma de los combustibles.
- Compactación o arreglo de los combustibles.
- Contenido de humedad del combustible.
- Temperatura del combustible.

Todos estos factores interactúan para determinar si la ignición ocurrirá en un complejo natural de combustibles.

B. Intensidad de la línea de fuego

La tasa de calor liberado por metro en el frente del fuego por segundo (kJ/m/s).

1. Esto representa el calor que un combatiente de incendios sentiría en el frente de llamas.

Esto es la cantidad de energía calórica emitida durante la combustión.

2. La intensidad del fuego es principalmente influida por:

- Carga de combustible.
- Compactación o arreglo del combustible.
- Contenido de humedad del combustible.
- Velocidad de propagación.

La intensidad del fuego se puede medir de varias maneras. La medida más útil para las operaciones de supresión es la intensidad de la línea de fuego; no obstante, ésta es difícil de medir e imposible de ver.

### C. Velocidad de propagación (VP)

La velocidad de propagación es la actividad relativa de un fuego extendiéndose en sus dimensiones horizontales.

1. La velocidad de propagación es expresa como:

- Velocidad de incremento del perímetro total del fuego.
- Velocidad de propagación hacia adelante del frente del fuego.
- Velocidad del incremento en área, según el uso que se pretenda dar a la información.

Por lo general la velocidad de propagación (hacia adelante) es expresado en metros por minuto (m/min) o hectáreas por hora (ha/hora).

2. Los factores principales que afectarán la velocidad de propagación son:

- Velocidad del viento
- Inclinación de la pendiente
- Cambios en el tipo de combustible
  - Pasto a desechos de bosque
  - Combustibles superficiales a combustibles aéreos

La ocurrencia de focos secundarios de largo alcance puede afectar la velocidad de propagación en algunas situaciones.

### 3. Propagación del fuego y crecimiento en área

La parte más activa del borde del incendio es llamada la cabeza del incendio.

Nos preocupa más la velocidad de propagación hacia adelante, o propagación en la cabeza del incendio, ya que esta es generalmente la propagación más peligrosa y difícil de controlar.

A diferencia de la propagación hacia delante, la tasa de crecimiento en área no es lineal. Una predicción estimada del crecimiento en área es dada multiplicando la superficie quemada en la primera hora por el número de horas al cuadrado, si el fuego avanza sin barreras.

### 4. Patrón de propagación elíptico

Los incendios forestales se propagan en patrones cercanos a la forma elíptica, dependiendo en parte de la velocidad del viento. Conforme la velocidad del viento aumenta, la elipse se alarga.

Estas formas pueden no coincidir exactamente con las condiciones del incendio porque las condiciones en el campo causarán variaciones en la forma elíptica del incendio.

Estas condiciones de campo pueden incluir:

- a. Complejos de combustible heterogéneos que forman dedos.
- b. Las barreras que detienen parcial o totalmente la propagación.
- c. El efecto de pendiente reduce o incrementa la propagación del fuego en la cabeza o en los flancos.
- d. Focos secundarios delante de la pendiente o pendiente debajo de un fuego.

Todos esto complican la tarea de la estimar cual será el perímetro del fuego en el futuro.

## VI. RELACIÓN DE LOS INCENDIOS FORESTALES DE DIFERENTES INTENSIDADES CON SU AMBIENTE

¿Por qué algunos incendios permanecen pequeños mientras otros se hacen grandes rápidamente? ¿Qué pasa cuando un incendio se hace grande e intenso? ¿Cómo interactúa el fuego con su ambiente?

### A. Dimensión vertical de un incendio forestal

1. Considere la extensión del ambiente del fuego.

Para un incendio muy pequeño, el ambiente del fuego se limita a unos cuantos metros horizontal y verticalmente.

2. A medida que un fuego crece en tamaño, también lo hace la extensión del ambiente.

Para un fuego grande el ambiente del fuego puede extenderse muchos kilómetros horizontalmente y miles de metros verticalmente.

3. Incendios forestales de alta intensidad, ya sean grandes o pequeños, por lo general tienen un efecto considerable en la atmósfera vertical. Sus columnas de convección evidencian esto.

### B. El desarrollo vertical de la convección o columna de humo de un fuego

Generalmente hay tres factores que determinan la extensión del desarrollo vertical de la convección o columna de humo de un fuego.

1. La intensidad del fuego o energía calórica generada por el fuego.

#### a. Incendios de baja intensidad

Incendios de baja intensidad crean corrientes entrantes débiles en el borde del fuego que alimentan una baja y débil columna de convección o de humo sobre el fuego.

En fuegos de baja intensidad, el ambiente controla principalmente el fuego. La influencia del fuego es muy pequeña, y sólo causa una ligera modificación de los elementos del tiempo atmosférico en la proximidad del fuego.

b. Incendios de alta intensidad

En contraste, un fuego de alta intensidad crea corrientes entrantes mucho más fuertes en el borde del fuego.

Esto puede ayudar a alimentar una columna de convección que puede elevarse muchos miles de metros en la atmósfera.

Con incendios de alta intensidad, el fuego puede controlar el ambiente en una magnitud considerable y su influencia puede significativamente modificar los elementos del tiempo atmosférico cercanos y adyacentes al fuego.

2. Estabilidad de la atmósfera inferior

La estabilidad se define como un estado de la atmósfera en el que la distribución vertical de la temperatura es tal que una partícula de aire resistirá el desplazamiento vertical desde su nivel.

Si la atmósfera inferior es muy inestable permite un mayor movimiento vertical de partículas, lo que contribuye a potenciales tormentas peligrosas.

3. Vientos en lo alto

Los vientos fuertes tienden a inhibir el desarrollo vertical de columnas de convección.

## C. Ambientes del fuego abiertos y cerrados

### 1. Ambiente del fuego abierto

En un ambiente del fuego abierto, los combustibles y el fuego están "abiertos" para los elementos del tiempo atmosférico (vientos, radiación solar).

El comportamiento del fuego puede responder fácilmente a estos cambios de tiempo atmosférico.

### 2. Ambiente del fuego cerrado (protegido)

Un fuego quemando bajo un dosel forestal puede ser comparado con un fuego quemando dentro de un edificio cerrado. Las condiciones fuera del edificio o sobre el dosel tienen relativamente poco efecto en el fuego del interior.

Los fuegos en ambientes cerrados pueden permanecer una baja intensidad y tener una velocidad de propagación baja. Sin embargo, una vez que un fuego atraviesa el dosel forestal, puede crear un ambiente de fuego abierto. El cambio de cerrado a abierto en un período corto de tiempo puede drásticamente incrementar la intensidad del fuego y la propagación de este.

Recuerde que cualquier incendio forestal es una fuente de calor que puede interactuar e interactuará con su ambiente natural. El tamaño de esa esfera de influencia dependerá del tamaño e intensidad o la salida de energía calórica, del fuego.

La localización física del fuego y el efecto de protección del terreno y la vegetación circundantes son a menudo factores contribuyentes al comportamiento potencial de ese fuego.

## VII. DESCRIBIENDO EL COMPORTAMIENTO DE LOS INCENDIOS FORESTALES USANDO LA TERMINOLOGÍA COMÚN DE COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

Este curso usa la terminología de incendios forestales que los estudiantes deben aprender para entender los conceptos básicos del comportamiento de los incendios forestales. Ser capaz de describir exactamente lo que un fuego está haciendo es el primer paso para entender el comportamiento del fuego.



## **EJERCICIO INTERACTIVO: Terminología de comportamiento del fuego.**

El propósito de este ejercicio es aumentar el conocimiento del estudiante sobre la terminología de comportamiento del fuego. Para cada comportamiento de los incendios forestales mostrado, elija el término correcto de comportamiento del fuego:

- |   |   |
|---|---|
| a. Incendio subterráneo (ardiendo sin llama y avanzando lentamente) | b. Antorchado                                   |
| c. Incendio superficial (avanzando lentamente)                      | d. Incendio superficial (avanzando rápidamente) |
| e. Columna de convección  | f. Columna de convección (inclinada)            |
| g. Focos secundarios (por viento y por convección)                  | h. Focos secundarios (por gravedad)             |
| i. Remolinos de fuego   | j. Frente de llamas                             |
| k. Fuego de copa  |   |

### Foto 1 comportamiento del fuego:

Transferencia de calor: conducción/radiación

Combustibles: compactos

Intensidad del fuego: baja

**Término de comportamiento del fuego:**

### Foto 2 comportamiento del fuego:

Transferencia de calor: radiación

Combustibles: continuidad horizontal, compactos

Intensidad del fuego: baja

**Término de comportamiento del fuego:**

### Foto 3 comportamiento del fuego:

Transferencia de calor: radiación/convección

Combustibles: continuidad horizontal, carga de combustible, tamaño de combustible, pendiente

Intensidad del fuego: moderada a alta

**Término de comportamiento del fuego:**

### Foto 4 comportamiento del fuego:

Transferencia de calor: convección/radiación

Combustibles: cargas, continuidad vertical

Intensidad del fuego: alta

**Término de comportamiento del fuego:**

Foto 5 comportamiento del fuego:

Transferencia de calor: convección/radiación

Carga de combustibles: continuidad vertical

Intensidad del fuego: extremo

**Término de comportamiento del fuego:**

Foto 6 comportamiento del fuego:

Ambiente: abierto e inestable

**Término de comportamiento del fuego:**

Foto 7 comportamiento del fuego:

Ambiente: abierto, inestable con vientos fuertes debido al tiempo atmosférico.

**Término de comportamiento del fuego:**

Foto 8 comportamiento del fuego:

Método de transportación de pavesas: viento y convección causando focos secundarios delante del frente del fuego.

**Término de comportamiento del fuego:**

Foto 9 comportamiento del fuego:

Método de transportación de pavesas: rodando pendiente abajo

**Término de comportamiento del fuego:**

Foto 10 comportamiento del fuego:

Tiempo atmosférico: inestable

Focos secundarios: potencial alto

Intensidad del fuego: alta a extrema

**Término de comportamiento del fuego:**

Foto 11 comportamiento del fuego:

Transferencia de calor: conducción/radiación (la zona de un fuego en movimiento donde el frente de fuego arde mayormente)

Intensidad del fuego: moderada a alta

**Término de comportamiento del fuego:**