



PROGRAMA DE MANEJO DEL FUEGO

Curso de Protección Contra Incendios Forestales




Combustibles



Unidad III. Comportamiento del Fuego

Objetivos

- 
- Al terminar este tema el participante
1. Diferenciará los combustibles según su ubicación.
 2. Definirá disponibilidad de los combustibles y la importancia que tiene en su trabajo.
 3. Enumerará ocho características principales y describirá brevemente cada una de ellas.
 4. Explicará el efecto de la humedad atmosférica en la humedad del combustible.
 5. Mencionará las 4 categorías de los combustibles según su tamaño.
 6. Explicará la relación entre tamaño de combustibles y el contenido de humedad de los combustibles.
 7. Describirá el comportamiento del incendio que se espera en diferentes combustibles bajo condiciones típicas, durante la temporada de incendios en su lugar de origen.

Introducción

- Muchas veces el combustible es el factor principal que determina si se inicia o no un incendio, la dificultad de controlarlo y la probabilidad de comportamiento extremo o irregular.
- Es el único factor de la Gran Tríada sobre el que se puede actuar directamente. Ni el tiempo atmosférico ni la topografía pueden modificarse.



Definir los combustibles

1. Materiales vegetales que pueden arder.
2. Son de dos clases:
 - a) Muertos.
 - ◆ Ramas caídas.
 - ◆ Hierbas y hojas secas.
 - ◆ Pasto seco, etc.
 - b) Vivos.
 - ◆ Hierbas.
 - ◆ Matorrales.
 - ◆ Plantaciones, etc.



Definir los combustibles (Continuación)

3. Lo que existe depende de:
- a) Exposición
 - b) Altura sobre el nivel del mar
 - c) Latitud
 - d) Precipitación (Lluvia, nieve, etc.)
 - e) Suelo (tipo)
 - f) Clima
 - g) Edad de la vegetación (densidad y especie)
 - h) Actividad y manejo anterior



Clasificación por ubicación

- Se reconocen 4 estratos de combustibles:
 - A. Subterráneos
 - B. Superficiales.
 - C. Aéreos.
 - D. Combustibles de continuidad vertical.



Clasificación por ubicación (Continuación)

➤ Subterráneos

- Raíces y otros materiales que se encuentran en el suelo mineral.



➤ Superficiales

- Compuestos por hojas, acículas, ramas, ramillas, arbustos o árboles jóvenes, troncos, etc. que se encuentran dentro de 1½ metros de altura sobre el suelo.



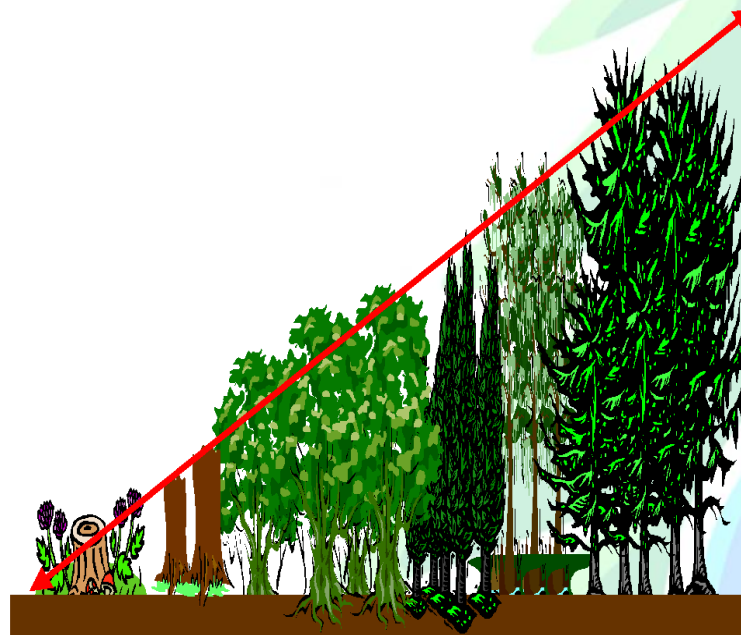
Clasificación por ubicación (Continuación)

➤ Aéreos

- Ramas (en el fuste del árbol) follaje, musgo, etc. que se encuentran a más de 1 ½ metros de altura sobre el suelo.

➤ De continuidad vertical

- Combustibles que forman una escalera desde el suelo hasta las copas de los árboles, tales como ramas bajas, arbustos, agujas secas colgantes, árboles jóvenes en el sotobosque, etc.



Disponibilidad de combustible

- No se consume todo el combustible cuando ocurre un incendio:
 - Combustible total.
 - Combustible disponible.
 - Combustible restante.

- Pregunta:
 - ¿Que es más importante para el combatiente de incendios: La cantidad total de combustible, o la cantidad disponible?



Disponibilidad de combustible (Continuación)

- La disponibilidad puede cambiar según:
 - La hora
 - La época del año
 - La ubicación (estrato)
 - El tiempo atmosférico
 - La vegetación
 - El propio fuego (su intensidad)



Características principales del combustible

- Ocho características principales.
 - Cantidad de combustible.
 - Tamaño y forma.
 - Compactación.
 - Continuidad horizontal.
 - Continuidad vertical.
 - Densidad de la madera.
 - Sustancias químicas.
 - Humedad del combustible.



Cantidad de combustible

- Carga o peso por unidad de superficie Kg/m² ó toneladas/ha



Desierto
0-3 ton/ha



**Pastos y
Arbustos**
2-12 ton/ha

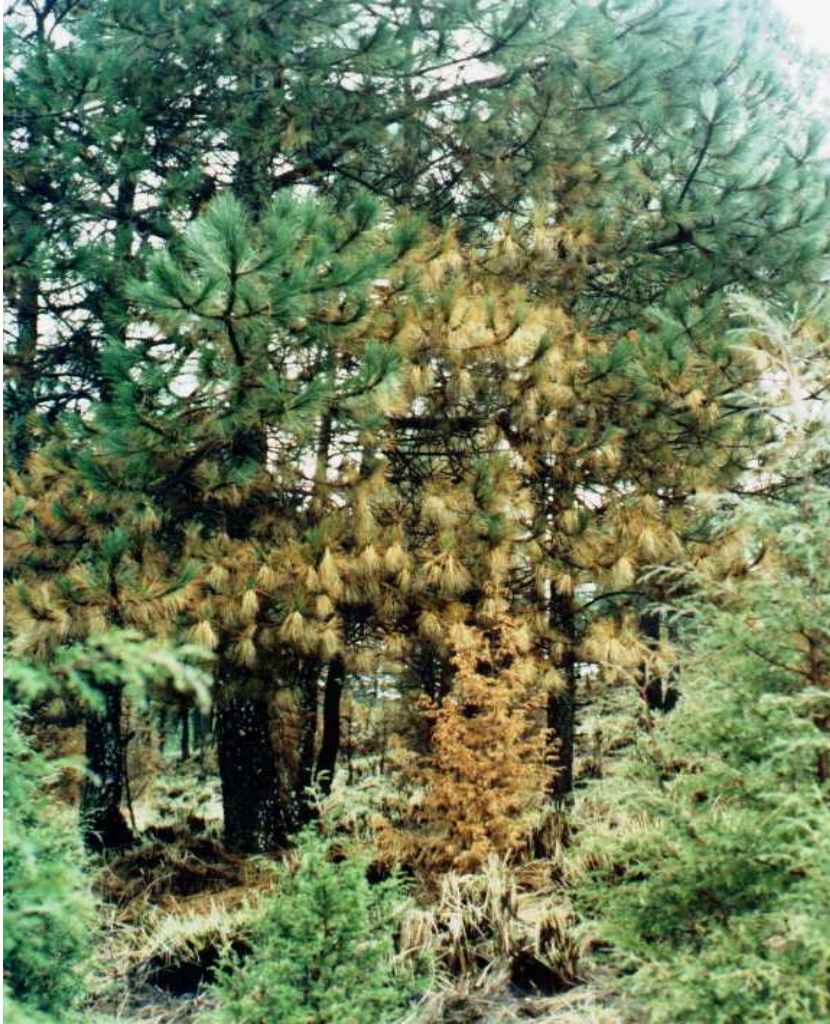


Matorrales
20-100 ton/ha



**Desechos
Forestales**
Aclareo: 70
ton/ha
Matarrasa: + 250
ton/ha

Cantidad de combustible



- Bosques de clima templado frío
 - 5-30 ton/ha en promedio, con un máximo de 60 ton/ha.

- Métodos para determinar la cantidad de combustibles:
 - Pesar muestras
 - Inventario (Estadísticos)
 - Fotografías (Inventario-estadísticos)

Tamaño y forma

➤ Relación del área superficial y el volumen de la partícula



- Los combustibles más finos:
 - ◆ Absorben o pierden humedad más rápidamente.
 - ◆ Absorben calor de los combustibles cercanos.
 - ◆ Se inflaman más rápidamente.
 - ◆ Se queman por completo.
 - ◆ Generan focos secundarios.

Tamaño y forma

Categorías de combustibles por tamaños

Categoría	Diámetro (mm)	Tiempo de retardación (horas)
Finos o ligeros	Menor a 5	1
Regulares	5 a 25	10
Medianos	25 a 75	100
Gruesos o pesados	Mayor de 75	1000

Tiempo de retardación: Es una forma de medir el tiempo con el que un combustible alcanza el contenido de humedad de equilibrio.

Es el tiempo requerido para perder o ganar el 60% (2/3 partes) de la diferencia entre el contenido de humedad inicial o actual y el contenido de humedad de equilibrio con el ambiente.

Compactación



➤ Espaciamiento entre los combustibles y % de aire.

- La compactación afecta:
 - ◆ La tasa de secamiento.
 - ◆ La velocidad de propagación del fuego.

Continuidad horizontal

- Distribución de los combustibles en el plano horizontal (suelo)
 - Define hacia donde se propagará el fuego y su velocidad.
 - ◆ Uniforme.- Sin interrupción del combustible.
 - ◆ No Uniforme.- Se encuentra el combustible en forma dispersa.



Continuidad vertical

- Distribución de los combustibles en el plano vertical (del suelo hacia las copas de los árboles)
 - Influye en que el incendio se transforme en un incendio superficial a uno de copa.
 - ◆ Si existe escalera de combustibles se dice que existe continuidad vertical.



Densidad de la madera

- Es la capacidad de absorber energía calórica sin cambiar su temperatura.
 - Madera densa.- Puede absorber más calor antes de encenderse que una madera liviana, pero una vez que enciende tarda más en apagarse.
 - Los combustibles de poca densidad se encienden con facilidad y pueden dar origen a focos secundarios.



Sustancias químicas del combustible

- Puede afectar la intensidad lineal del fuego, la dificultad para realizar la liquidación y la velocidad de propagación.
- Mientras más altos sean los contenidos de sustancias químicas los factores del C.F. son más altos.



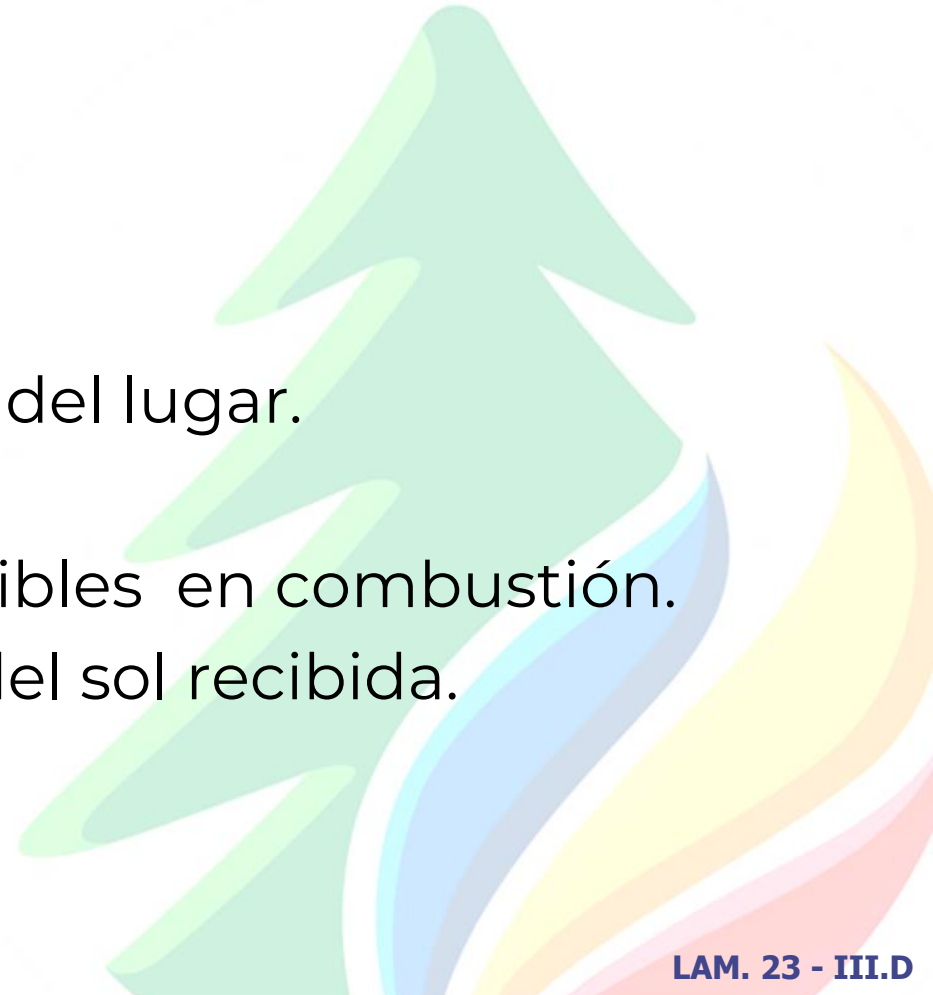
Contenido de humedad del combustible

- Es la cantidad de agua en el combustible expresada en porcentaje del peso seco del combustible.
 - Es el factor más importante al evaluar el combustible, ya que determina si se inicia un incendio y su comportamiento.
 - ◆ Puede variar desde 0% a más de 300%.
 - ◆ Cuando el combustible baja su contenido de humedad del 15 al 25% el combustible puede arder.



Factores que ocasionan cambios en el contenido de humedad del combustible

- Condición (vivo o muerto) del combustible.
- Estación del año.
- Temperatura del aire.
- Humedad relativa.
- Días sin lluvias.
- Lo expuesto o sombreado del lugar.
- Viento.
- Proximidad a los combustibles en combustión.
- Pendiente y la radiación del sol recibida.



Ejemplo práctico de la humedad del combustible en diversos tipos de vegetación

Estado de desarrollo de la vegetación	Contenido de agua (%)
Follaje tierno, anuales desarrollándose, al principio del ciclo de crecimiento	300
Follaje madurando, todavía en desarrollo, con turgencia plena.	200
Follaje maduro , nuevo crecimiento completo y comparable al follaje perenne antiguo.	100
Comienzo del reposo vegetativo, y del cambio de color, algunas hojas pueden haber caído del tallo.	50
Completamente seco (considerado como combustible muerto)	Menor de 30

Estimación de la humedad del combustible en combustibles finos y muertos

a) Lugar				
b) Día o Noche (Indicar D o N)	D	N	D	N
PARTE I - Cálculos para el Día				
c) Temperatura, °C				
d) Humedad relativa, %				
e) Humedad básica del combustible (Desde Tabla A)				
f) Mes				
g) Expuesto o sombreado (Indicar E o S)	E	S	E	S
h) Hora				
i) Exposición				
j) Pendiente, %				
k) Corrección, % (Desde Tabla B, C o D)				
l) Estimación de la humedad del combustible, % (línea e + Línea k)				
PARTE II – Cálculos para la Noche				
m) Temperatura, °C				
n) Humedad relativa, %				
o) Estimación de la humedad del combustible, % (Desde Tabla E)				

Datos para estimar la humedad del combustible en combustibles finos y muertos

- Lugar: Jiutepec, Morelos
- Fecha: 17 de octubre de 2006
- Hora: 13:00
- Temperatura: 25 °C
- Humedad relativa: 75 %
- Exposición: Sur
- Pendiente: 30 %
- Expuesto.



Estimación de la humedad del combustible en combustibles finos y muertos

a) Lugar	Jiutepec			
b) Día o Noche (Indicar D o N)	✓D	N	D	N
PARTE I - Cálculos para el Día				
c) Temperatura, °C	25° C			
d) Humedad relativa, %	75 %			
e) Humedad básica del combustible (Desde Tabla A)	10			
f) Mes	OCTUBRE			
g) Expuesto o sombreado (Indicar E o S)	✓E	S	E	S
h) Hora	13:00			
i) Exposición	SUR			
j) Pendiente, %	30 %			
k) Corrección, % (Desde Tabla B, C o D)	1			
l) Estimación de la humedad del combustible, % (línea e + Línea k)	11 %			
PARTE II – Cálculos para la Noche				
m) Temperatura, °C				
n) Humedad relativa, %				
o) Estimación de la humedad del combustible, % (Desde Tabla E)				

“Tabla A”
Humedad Básica de Combustibles
Día
08:00 – 19:59 horas

Temperatura Bulbo Seco (°C)	Humedad Relativa (Porcentaje)																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	4	9	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	84	89	94	99	
0 – 9	1	2	2	3	4	5	5	6	7	7	7	8	9	9	10	10	11	12	13	13	13
10 - 20	1	2	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	12	12	12	13
21 - 31	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	13
32 - 42	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	13
43 +	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	12

“Tabla C” Hemisferio Norte Día “08:00 – 19:59 horas” Corrección al contenido de humedad del combustible Febrero – Marzo – Abril / Agosto – Septiembre - Octubre

Exposición	Hora Pendiente	Expuesto – Menos del 50 % de combustibles en sombra											
		08:00	→	10:00	→	12:00	→	14:00	→	16:00	→	18:00	
N	5 – 30%	4		2		1		1		2		4	
	+31%	4		3		3		3		3		4	
E	5 – 30%	4		2		1		1		2		4	
	+31%	3		1		1		2		4		5	
S	5 – 30%	4		2		1		1		2		4	
	+31%	4		2		1		1		2		4	
O	5 – 30%	4		2		1		1		2		4	
	+31%	5		4		2		1		1		3	
f) Sombreado – Más del 50% de combustibles en sombra													
N	0%+	5		5		4		4		5		5	
E	0%+	5		4		4		4		5		5	
S	0%+	5		4		4		4		4		5	
O	0%+	5		5		4		4		4		5	

Nota: Terreno Plano = Exposición Sur

Ejercicio 1

Datos para estimar la humedad del combustible en combustibles finos y muertos

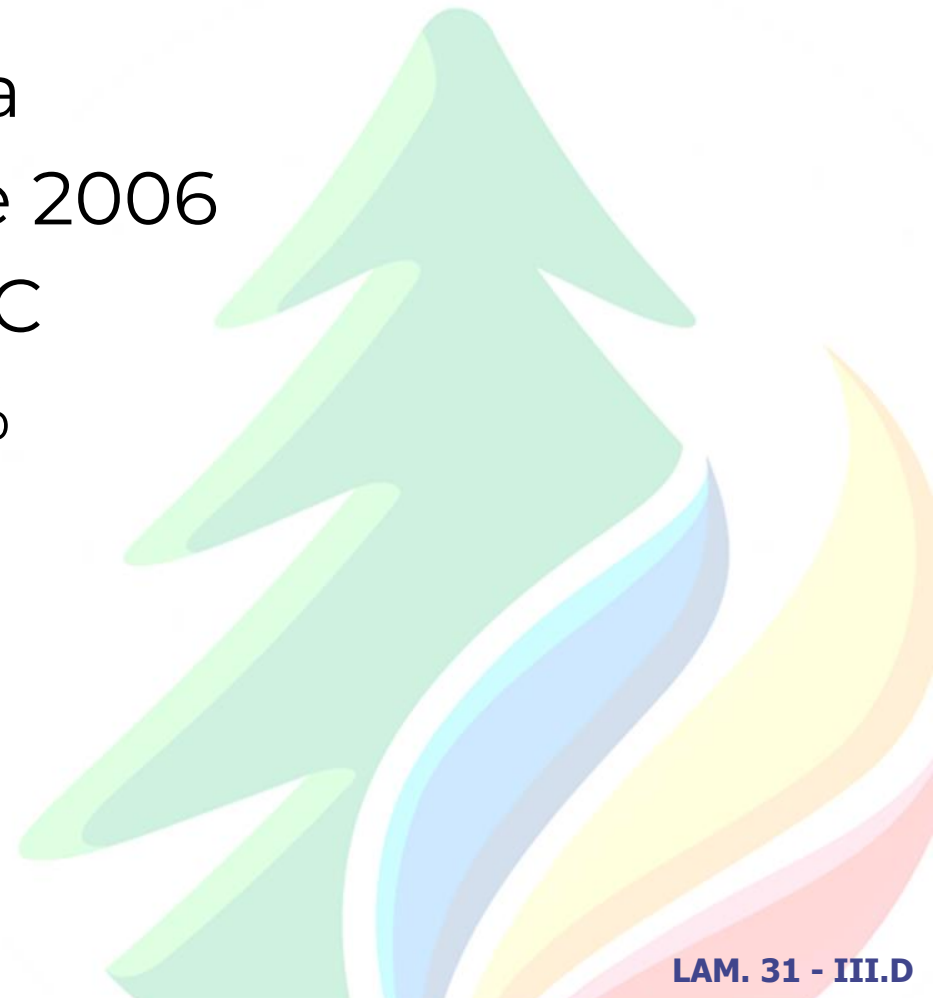
- Lugar: Cd. Guzmán, Jalisco
- Fecha: 10 de junio de 2006
- Hora: 16:00
- Temperatura: 32 °C
- Humedad relativa: 60 %
- Exposición: Norte
- Pendiente: 15 %
- Sombreado



Ejercicio 2.

Datos para estimar la humedad del combustible en combustibles finos y muertos

- Lugar: Payson, Arizona
- Fecha: 26 de Junio de 2006
- Temperatura: 37 °C
- Humedad relativa: 10 %
- Exposición: Sur
- Pendiente: 55 %
- Hora: 13:00
- Expuesto



Ejercicio 3.

Datos para estimar la humedad del combustible en combustibles finos y muertos

- Lugar: Guatemala, CA.
- Fecha: 06 de noviembre de 2006
- Hora: 21:00
- Temperatura: 35 °C
- Humedad relativa: 60 %
- Exposición: Este
- Pendiente: 25 %
- NA expuesto ó sombreado

Ejercicio 4.

Datos para estimar la humedad del combustible en combustibles finos y muertos

- Lugar: Ciudad Guzmán, Jalisco.
- Fecha: 17 de septiembre de 2008
- Hora: 11:00
- Temperatura: 20 °C
- Humedad relativa: 82 %
- Exposición: Norte
- Pendiente: 0-5 %
- Expuesto



Resumen



- A. Repasar los objetivos del tema
- B. Ahora, al ver durante un incendio la ladera de un cerro próximo a arder, Uds. recordarán lo importante que es:
- C. La disponibilidad de los combustibles que allí se encuentren, tal vez no todos van a consumirse.
- D. Los resultados dependerán de las ocho características del combustible.
- Cantidad de combustible.
 - Tamaño y forma.
 - Compactación.
 - Continuidad horizontal.
 - Continuidad vertical.
 - Densidad de la madera.
 - Sustancias químicas.
 - Humedad del combustible.

