



**MEDIO AMBIENTE**

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



**CONAFOR**

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

# **PROGRAMA DE MANEJO DEL FUEGO TDECIF**

## **Taller de Determinaciones de Causas Evidencias de Incendios Forestales.**



## CONTENIDO

<b>CONTENIDO .....</b>	<b>2</b>
1.-INTRODUCCION.....	3
2.-COMPORTAMIENTO DEL FUEGO.....	4
<b>2.1-INTRODUCCION AL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO.....</b>	<b>4</b>
2.2-TIEMPO ATMOSFERICO.....	9
2.3.-TOPOGRAFIA .....	19
2.4.- COMBUSTIBLE .....	26
3.-ECOLOGÍA DE FUEGO Y EVALUACIÓN DE EFECTOS DE FUEGO.....	36
<b>3.1.- ECOLOGÍA DE FUEGO .....</b>	<b>36</b>
4.- TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INCENDIOS Y VALORACIÓN DE PÉRDIDAS.....	42
<b>4.1.- TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INCENDIOS .....</b>	<b>42</b>
4.2.- VALORACIÓN DE PÉRDIDAS.....	46
5.- DETERMINACIÓN DE EVIDENCIAS Y CAUSAS EN INCENDIOS FORESTALES .....	53
5.1.-BASE DE DATOS CONOCIMIENTO DE CAUSAS.....	53
2.4.3. Propagación del incendio.....	77
6.- INVESTIGACIÓN DE CAUSAS QUE PROVOCAN LOS INCENDIOS FORESTALES...	83
7.- BRIGADAS DE INVESTIGACION DE INCENDIOS FORESTALES. ....	83
8.- PROCESO DE LA INVESTIGACION. ....	85
9.- MODELOS GEOMETRICOS DE PROPAGACION .....	87
10.- PREVENCIÓN DE INCENDIOS MEDIANTE LA INVESTIGACION DE CAUSAS.....	107
11.- INFORME TECNICO DE LA INVESTIGACION DE LA CAUSA DEL INCENDIO .....	109
12.- INSTRUCCIONES PARA EL PERSONAL DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES.....	112
13.- SITUACIONES DE RIESGO.....	113
15.- Evaluación de la Degradación del Suelo.....	162

## 1.-INTRODUCCION.

El incremento en el número de Incendios Forestales durante los últimos años, ha provocado en la sociedad actual una opinión generalizada: el único camino para controlar este fenómeno y reducir los daños y la alarma social que provoca, es la prevención. La primera tarea para acabar con esta epidemia será por tanto determinar con certeza cuales son las causas reales que la provocan.

Generalmente se han apuntado condicionantes socioeconómicos de la población rural, factores biofísico del clima y aspectos estructurales de las grandes ciudades, como posibles causas. Pero para los responsables de conservar la naturaleza y gestionar sus recursos, estas generalizaciones no sirven. Es preciso conseguir argumentos basados en información objetiva, tan detallada como sea posible, sobre las causas que verdaderamente estén provocando los incendios en sus zonas de actuación, de forma que este conocimiento de la realidad haga posible la aplicación de soluciones específicas para problemas concretos.

¿Pero, como comenzar esta investigación? Hoy contamos con una herramienta que ha venido a dar respuesta a esta pregunta: EL METODO DE LAS EVIDENCIAS FISICAS. Esta técnica de investigación permite reconstruir la evolución de un incendio forestal, a través del estudio del comportamiento del fuego, hasta determinar su punto de origen y una vez en él, clasificar la causa que lo provoco e identificar al autor o al menos, sus motivaciones.

De esta manera se podrá desterrar definitivamente la mitología popular, que tradicionalmente ha relacionado el origen de los incendios forestales con oscuras y secretas motivaciones, lo que, además de desorientar a la opinión pública, ha privado de base a muchas de las acciones preventivas emprendidas, haciéndolas ineficaces.

En este libro el lector encontrara los conocimientos necesarios para realizar la investigación y determinación de las causas que provocan los incendios forestales, así como los conceptos de la prevención basada en la investigación de causas y el trabajo que realizan las Brigadas de Investigación de los Incendios Forestales. (BIIF).

## 2.-COMPORTAMIENTO DEL FUEGO.

### 2.1-INTRODUCCION AL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

Al terminar el tema, el estudiante:

1. Definirá brevemente: fuego, incendios y transferencia de calor
2. Explicará a través del triángulo del fuego el proceso de combustión
3. Conocerá los cuatro mecanismos de transferencia de calor conocidos por el personal de incendios.
4. Podrá explicar los conceptos de velocidad de propagación, intensidad calórica y resistencia al control.

#### 1. Introducción a la combustión

##### A. Definición de fuego:

1. Al fuego se le puede definir según el diccionario Everest, como el “Desprendimiento de calor y luz producido por la combustión de un cuerpo”.
2. Hay que analizar las palabras, combustión y cuerpo.

##### B. Antes de lograr la combustión, debemos de contar con el cuerpo.

1. El cuerpo de nuestro trabajo es toda materia vegetal, viva o muerta (combustibles forestales), como la “Madera” o “Celulosa” (Carbohidratos).
2. Se produce por un fenómeno vital de la vida.

Fotosíntesis: dióxido de carbono más agua, más energía solar, produce una cadena de azúcares o celulosas, en términos muy básicos, más oxígeno.

##### C. La combustión es la relación a la inversa con respecto a la fotosíntesis.

1. Celulosa más oxígeno, más la temperatura de ignición o una temperatura adecuada, para estimular el proceso.
2. Esto produce o desprende energía (calor), más dióxido de carbono, mas H<sub>2</sub>O.
3. Es decir, que tenemos “desprendimiento de calor.... Producido por la combustión....” Y eso es la definición del fuego.

##### D. Incendio Forestal

Se considera incendio forestal al fuego que afecta a selvas, bosques y vegetación de zonas áridas o semiáridas, ya sea por causas naturales o inducidas, con una ocurrencia y propagación no controlada o programada, lo que nos obliga a combatirlo.



E. Para que se produzca un incendio se necesita tres elementos: calor, oxígeno y combustible, los cuales constituyen el llamado “Triángulo del Fuego”.

1. Con que falte un elemento, no puede haber fuego, y no hay un incendio forestal.

F. Los tres factores que influyen en la propagación o comportamiento de un incendio son los siguientes: Tiempo atmosférico, Topografía, y Combustibles. Estos tres elementos constituyen el llamado triángulo de “La Gran Triada”

2. El proceso de combustión.

La combustión no ocurre con cualquier calor porque es un proceso de tres fases, las cuales son: el Precalentamiento, la Combustión de los Gases y la Combustión del Carbón.

## A. Precalentamiento

1. Combustible frente a una fuente de calor: sol, las llamas
2. Se acerca al punto de ignición (100°C a 200°C) Varía de un combustible a otro.
3. El calor expelle la humedad del combustible y eso requiere una alta cantidad de energía.
4. Comienza la generación de los gases hidrocarburos, no hay llamas.

## B. Combustión de gases

1. La temperatura se sitúa entre los 300°C.
2. Aparecen las llamas, encima del combustible. Arden solos los gases.
3. Con la ignición se acelera el proceso de combustión y precalentamiento.
4. La temperatura continua subiendo hasta 600° - 1000°C.
5. Se desprende humo, formado por gases no quemados, dióxido de carbono y vapor de agua.

## C. Combustión al carbón

1. La madera arde, quedan las cenizas, las cuales son sustancias minerales que no arden.
3. Mecanismo de propagación de calor

En el mundo científico, el calor se propaga de tres formas. En el mundo de los incendios forestales hay que añadir una más, las pavesas (chispas) rodantes o volantes.

- A. Conducción - Es la transferencia de calor por contacto a través de las moléculas de un cuerpo solido:
  - 1. Más importante en solidos que en líquidos o gas.
  - 2. La madera no conduce bien el calor, por lo que:
  - 3. No es mayor importancia en la propagación inicial de un incendio.
- B. Convección – Es la transferencia de calor, por una columna de partículas de aire calentado (calentadas por el mismo incendio), que se mueve hacia arriba en una dirección determinada por el viento.
- C. Radiación – Es la transferencia de calor, que corre en línea recta sin desplazar ni calentar el aire, a través del espacio a la velocidad de la luz.
  - 1. Se pierden los factores rápidamente, por ejemplo:
    - Un foco o fogata: varia inversamente, con el cuadrado de la distancia; por ejemplo: a un metro de una fogata, una unidad y a los dos metros, un cuarto de unidad.
    - Un frente de llamas: varia inversamente, con la distancia; por ejemplo: línea de control (1 metro de frente comparado a dos metros)
  - 2. Ejemplo: una estufa
  - 3. La radiación como la convección penetra solo apenas fracciones de centímetros.
- D. Pavesas – Es el término que describe el transporte de un punto de ignición (chispa).
  - 1. Las provocadas por convección: pavesas volantes
    - Provocadas por topografía fuerte: pavesas rodantes y saltantes.

Consideraciones importantes:

- 1. Cuando se habla de propagación, normalmente se refiere a un fenómeno que ocurre básicamente rápido.
- 2. La conducción es demasiado lenta para actuar en la propagación inicial pero hay que considerala más adelante.

3. Las pavesas en una conflagración son el mecanismo más importante en el avance.

Esto nos trae a las características del comportamiento y sus definiciones.

4. Comportamiento del fuego.

En cualquier incendio forestal, el combatiente debe contestar dos preguntas: ¿Con que velocidad se propaga? Y ¿Qué se requerirá para detenerlo y controlarlo?

- A. Velocidad de propagación: la tasa de incremento del incendio.

1. Propagación lineal: Es medida por el avance lineal en una sola dirección. Es interesante conocerla porque permite estimar el tiempo que demora el frente (y otro punto) del incendio en alcanzar a puntos amagados, tales como casas, bosques importantes y otros valores. Medida sobre la distancia y un tiempo determinado: metros por minuto, kilómetros por hora, etc.
2. Propagación perimetral: el aumento en el perímetro. Es empleada para estimar la longitud de las líneas de fuego que se necesitan construir. Se miden también en metros por minuto o kilómetro por hora.
3. Propagación en superficie: la superficie afectada en hectárea por hora. Permite estimar el ritmo por daño.

- B. Forma de incendio: este es otro aspecto interesante que debe tenerse presente al decir que táctica de combate deberá emplearse.

- a) Circular: Terreno plano, sin viento, combustible homogéneos.
- b) Elíptica: Terreno plano con viento, o pendiente con o sin viento, combustibles homogéneos.
- c) Complejos o irregular: Pendiente, viento variable, combustible heterogéneos. Es previsible cuando no esté presente una columna de convección bien desarrollada ni con avance errático.

- C. Intensidad Calórica y Resistencia de Control

1. Intensidad calórica: Es la tasa de liberación de energía calórica por unidad de tiempo y por longitud del frente de avance. Nos preocupamos principalmente de la "Intensidad Lineal". El alto de las llamas es un buen indicio de la intensidad. Se discutirá Intensidad Calórica más adelante.
2. Resistencia al control:
  - a) Se define como la dificultad que presenta un incendio al tratar de controlarlo.
  - b) Está influida por la clase de combustibles, el terreno, cubierta vegetal tipo de suelo, pendiente, etc.

c) Clasificación (subjetiva):

- Baja: pastos con buenas condiciones de suelo y viento favorables.

Mediana: pasto con viento fuerte, arbusto en terreno plano, plantación manejada, fuego superficial.

Alta: arbustos densos en terreno plano, con pendiente median.

Extrema: Derechos de explotación, casi todo tipo de combustible en topografía escarpada.

D. Dinamismo de la columna de convección: El grado de desarrollo de la columna de convección es buen indicio para seleccionar las técnicas necesarias para controlar un incendio.

1. Columna bidimensional: Columna Convectiva no bien desarrollada. Se presenta en incendios con una propagación previsible y normalmente sin mayores dificultades para ejecutar su presión.

2. Columna tridimensional: Columna Convectiva de gran altura. Se presenta en incendios con una propagación es casi imprevisible y/o muy errática. Su supresión llega a un nivel crítico.

a) Incendio explosivo: El poder del incendio es mayor que el viento u otro factor, es decir ahora el incendio funciona independiente del viento.

b) Remolinos

c) Pavesas en varias direcciones.

d) Indicadores

- Columna gigante
- Mucho combustible disponible

3. Es importante reconocer las condiciones que existen, ya que el desarrollo de una columna tridimensional significa que el incendio va a mostrar condiciones extremas y severas.

4. Resumen

A. Definición de fuego

B. Las fases de la combustión

C. Mecanismo en el transporte del calor

D. Velocidad de propagación

- E. Intensidad calórica
- F. Dinamismo de la columna de convección

## 2.2-TIEMPO ATMOSFERICO

Al terminar el modulo, el participante podrá explicar:

1. La influencia de la temperatura, humedad relativa, el punto de rocío y el viento en el comportamiento del fuego.
2. Las características de la estabilidad y de la inestabilidad atmosférica
3. Enumerar las principales observaciones meteorológicas que se pueden hacer sin aparatos
4. Explicar el modo de utilizar los aparatos incluidos en el estuche meteorológico portátil.

1. Introducción.

**Los** fenómenos meteorológicos que influyen en el comportamiento del fuego se llevan a cabo en la parte baja de la atmosfera (troposfera)

**El** comportamiento del fuego depende en gran medida de los elementos del tiempo atmosférico.

**La** evolución de un incendio forestal está condicionada de un modo importante por la condición meteorológica del momento y su tendencia.

Al ser el tiempo atmosférico el parámetro más variable y el de mayor influencia en el desarrollo de un incendio, es fundamental disponer de observaciones meteorológicas y mediante su empleo realizar pronósticos del tiempo confiables.

A. Los elementos del tiempo atmosférico son:

1. Temperatura.
2. Humedad relativa.
3. Viento.

B. Conceptos

1. Clima: es el estado medio de la atmosfera en un lugar determinado a lo largo de un periodo amplio de tiempo.
  2. Tiempo atmosférico: Es el estado momentáneo de la atmosfera en un lugar determinado.
  3. El calor o energía calorífica, es la cantidad de energía molecular de una sustancia y depende del número de moléculas y de su grado de actividad.
  4. La temperatura "no es energía"; es el grado de actividad molecular de un cuerpo.
2. Trasferencia de calor

El calor siempre se transfiere de lo que está a temperatura más alta (caliente), a lo que está a temperatura más baja (frio).

Hay tres tipos de trasferencias directa del calor:

1. Conducción: Por actividad molecular.
2. Convección: Por desplazamiento de una columna de partículas de aire caliente.
3. Radiación: Por ondas electromagnéticas moviéndose a la velocidad de la luz (300.000 Km/seg)

Las dos primeras requieren la presencia de materia, la radiación NO.

En los incendios forestales se identifica una forma más de transporte del calor: La chispas o pavesas

3. Temperatura

La temperatura de la atmosfera es la cantidad de calor que este puede contener, es decir, es la temperatura del aire.

El mayor calentamiento del aire se da en sus capas bajas que están en contacto con la superficie terrestre, misma que a su vez es calentada por los rayos solares, cuya intensidad varía de acuerdo a su ángulo de incidencia.

Los rayos solares al calentar los combustibles y por efecto del viento caliente pierde humedad, incrementando su temperatura en ocasiones hasta la temperatura de ignición, la cual es aquella que requiere una sustancia para iniciar a arder y continuar haciéndolo sin requerir que se aplique otra fuente de calor.

Las máximas temperaturas durante el día no son a las 12:00 hrs, sino alrededor de las 15:00 hrs que es una hora crítica para el combate de los incendios forestales.

La temperatura también varía de acuerdo a la altitud y es diferente al comportamiento en las capas del aire a través del día y la noche.

#### 4. Humedad relativa

Es la relación de la cantidad actual de vapor de agua en un volumen de aire y la cantidad que podría mantener, si fuera saturado a la misma temperatura (expresado en %), el cual depende de la temperatura del aire (temperatura<>humedad relativa).

$$\text{Humedad relativa} = \frac{\text{Humedad absoluta}}{\text{Humedad de saturación}} \times 100$$

$$\text{Humedad absoluta} = \frac{\text{Cantidad de vapor}}{\text{Unidad de volumen}}$$

El punto de rocío es la temperatura a la cual tiene que enfriarse un volumen de aire para llegar a su punto de saturación.

Psicrómetro es el instrumento que sirve para medir la humedad relativa, a través de la relación que existe entre la temperatura del aire en su estado actual y la del aire saturado.

La humedad relativa e inversa a la temperatura del aire, en valores menores de 30% se presenta condiciones propias para el desarrollo de incendios.

Los combustibles disponibles ganan o pierden humedad con relación a los cambios en la humedad relativa.

#### 5. Proceso adiabático

Una partícula de aire que no puede ganar o perder calor, pero sometida a todos los demás cambios de presión, humedad y temperatura se dice que sufre un PROCESO ADIABATICO.



1. Si esa partícula la subimos a una zona de menos presión, se dilata y se ENFRIA ADIABATICAMENTE.
  - a. Si la bajamos a una zona de más presión, se comprime y se CALIENTA ADIABATICAMENTE.
2. El calor específico del aire varía si tiene más o menos humedad o está saturado, luego la misma cantidad de calor elevaría más o menos su temperatura.
3. Si la partícula está seca (no saturada), se enfría  $1^{\circ}\text{C}$  cada 100 mts. De elevación, o a la inversa, se calienta  $1^{\circ}\text{C}$  cada 100 mts. De descenso siguiendo la curva llamada:
  - a. ADIABATICA SECA =  $+1^{\circ}\text{C}/+100\text{m}$ .
4. Si la partícula está húmeda (saturada) se enfría aproximadamente  $0.5^{\circ}$  cada 100 mts. De elevación, o a la inversa, se calienta  $0.5^{\circ}\text{C}$  cada 100 mts. De descenso, siguiendo la curva llamada:
  - a. ADIABATICA HUMEDA =  $+0.5^{\circ}\text{C}/+100\text{m}$ .
  - b. (En la realidad esta variación no es constante, siendo líneas curvas y no rectas).
5. Al llegar al punto de condensación o punto de rocío sabemos que es un cambio de estado en el que el proceso calor / temperatura se estabiliza. La presión y la temperatura influyen sobre la temperatura de este punto, con el cual este punto de rocío aumenta o disminuye  $0.2^{\circ}\text{C}$  cada 100mts de descenso o ascenso.
  - a. PUNTO DE ROCIO =  $+0.2^{\circ}\text{C}/+100\text{m}$ .

## 6. Viento

Este factor es el que cambia con más frecuencia y más violentamente, en cualquier dirección, pudiendo hacer saltar chispa y brasas que originen nuevos brotes de fuego.

El viento es aire en movimiento que obedece a cambios de temperatura (aire caliente tiende a subir, aire frío o bajar). En áreas de combustible homogéneas el viento rige la dirección del fuego y da la configuración al incendio.

El viento se mide con el anemómetro y lo que interesa estimar es la velocidad de ráfagas.

Los vientos de mayor interés en las actividades contra incendios forestales son:

- Brisas mar – tierra.
- Vientos valle – montaña.

- Vientos de ladera.
- Vientos de ladera ascendentes de 11:00 – 19:00 horas. Velocidad de 6 – 13 Km/h.
- Vientos de ladera, descendentes de 19:00 – 05:00 horas. Velocidad de 4 – 10 km/h.

Estos vientos son de capa más delgada que los ascendentes y sin turbulencia.

Los vientos de valles ascendentes y descendentes adquieren mayor velocidad que los de ladera.

## 6. Inversión térmica

- La inversión es una capa de aire caliente, y estática situada entre dos capas frías.

Es común en valles protegidos con tiempo estable, la niebla y humo se acumulan en el fondo.

El aire frío que desciende por ladera puede actuar de cuña.

A medida que avanza la noche, se acumula más aire frío en el fondo y hace subir las capas calientes hasta que se estabiliza.

Se forma un cinturón térmico que suele situarse a los  $\frac{2}{3}$  del fondo del valle, se han medido diferencias en temperatura hasta de 13°C

Por debajo del cinturón térmico hay una masa de aire frío, muy estable, muy húmeda y casi saturada.

Por encima del cinturón térmico, la masa es más inestable con humedades normales descendentes progresivamente con la altura, semejante a las existentes durante el día.

Al avanzar el día y calentarse el fondo, los vientos ascendentes rompen la capa de inversión incrementándose el ascenso de viento y descendiendo por su centro al fondo de valle por convección.



---

Atención: los incendios forestales debajo de inversiones térmicas pueden transformarse en explosivos.

---

También pueden haber inversiones fuera de valles (costas y planicies) por cabalgamiento de frentes cálidos.

## 7. Estabilidad atmosférica

Es la resistencia que presenta la atmosfera al movimiento vertical del aire.

Signos de estabilidad atmosférica:

- a) Nubes en capas (estratos)
- b) Humo extendiéndose horizontalmente.
- c) Viento tenue.
- d) Capas de niebla.
- e) Mala visibilidad.

Signos de inestabilidad atmosférica.

- Nubes en desarrollo vertical (Cúmulos)
- Humo ascendente alto verticalmente.
- Viento en rachas o ráfagas.
- Remolinos de polvo.
- Buena visibilidad.

8. Pronósticos del tiempo atmosférico.

1. Objetivos del pronóstico.

- a) Determinar el grado de peligro de incendios forestales.
- b) Elaborar planes diarios de actividades de prevención de incendios.
- c) Elaborar planes de actividades en quemas prescritas.
- d) Tomar decisiones para la eficaz extinción de un incendio activo.

2. Observaciones y pronósticos meteorológicos.

a) Observaciones sin aparatos.

- Tiempo.
- Nubes.
- Viento.
- Visibilidad.
- Meteoros.

b) Comportamiento del aire.

- Estable.
- Neutro.
- Inestable.
- c) El uso de la escala Beaufort para estimar la velocidad del viento.
- 3. Observaciones con aparatos.
  - a) Dirección del viento.
  - b) Velocidad del viento.
  - c) Temperatura ambiente.
  - d) Humedad relativa.

Las observaciones con aparatos tomados sobre el terreno deben hacerse durante los periodos extremos, es decir, en el momento más caliente y seco del día (15 horas) y en el más frío y húmedo (6 horas), también en cualquier otro momento que convenga para la toma de decisiones en el combate de un incendio.

La elección de los lugares donde efectúen las observaciones debe hacerse de acuerdo con los criterios siguientes:

1. Cerca del incendio y en áreas que mejor representan las condiciones del incendio, pero no en las partes ya quemadas.
2. En áreas donde el observador tenga buena visibilidad para determinar el tiempo.
3. En sitios que el incendio puede causar problemas debido a la topografía, el combustible, etc.
4. En las zonas más calientes, secas y ventosas del área del incendio, es decir en las situaciones más desfavorables.
9. Estuche meteorológico portátil

Partes del estuche.

1. Anemómetro.
2. Psicrómetro.
3. Brújula.
4. Frasco de agua.
5. Tabla y / o regla de humedad relativa.



La descripción y uso del estuche meteorológico portátil se realiza en forma práctica.

## D. Anemómetro

*Uso:*

Para obtener la velocidad del viento a media llama se siguen los pasos siguientes:

1. Sitúese de cara al viento.
2. Coloque el anemómetro en posición vertical, ante la vista, con el brazo extendido y viendo las escalas, teniendo cuidado de no tapar con los dedos los agujeros de la parte inferior.
3. La altura de la bolita indica la velocidad del viento leyendo en la escala correspondiente.
4. Cuando la bolita se eleva hasta la parte superior, se tapa el orificio superior con el dedo y se hace la lectura en la escala derecha.



Para hacer la conversión de millas por hora (MPH) a Km/h, basta multiplicar la lectura por 1.61.

## C. Psicrómetro

### 1. Partes

- a. Soporte.
- b. Termómetro de bulbo seco.
- c. Termómetro de bulbo húmedo.
- d. Calcetín.
- e. Cadera.
- f. Mango.

### 2. Uso

Para obtener la temperatura ambiente se hace la lectura en el termómetro del bulbo seco.

a) Para medir la humedad relativa se sigue los pasos siguientes:

- Sitúese a espaldas al sol y en la sombra.

# Programa de Manejo del Fuego

- Se humedece el calcetín.
  - Se ondea o gira el psicrómetro hasta que ya no ascienda la temperatura del termómetro del bulbo húmedo.
  - Se leen las dos temperaturas y se acude a las tablas psicrométricas o bien se recurre a la regla calculadora de humedad relativa.
- b) Para determinar la dirección del viento de efectuarse las operaciones siguientes:
1. Colóquese de cara al viento y con la brújula en la mano, mantenida horizontalmente y con la flecha (A) dirigida hacia donde proviene el viento.
  2. Gire el disco móvil (B) de la brújula hasta situar la flecha (C) sobre la aguja que indica en norte (D).
  3. Lea en la escala de la brújula en el punto (E) los grados correspondientes.
  4. Traslade la cifra obtenida a la rosa de los vientos, si se desea hacerlo, usando la tabla siguiente:

Grados	Dirección del viento		Wind Direction	
De 0 a 22 y de 338 a 360	Norte	N	North	N
De 23 a 67	Noreste (Nordeste)	NE	Northeast	NE
De 68 a 112	Este	E	East	E
De 113 a 157	Sureste (Sudeste)	SE	Southeast	SE
De 158 a 202	Sur	S	South	S
De 203 a 247	Suroeste (Sudoeste)	SO	Southwest	SW
De 258 a 292	Oeste	O	West	W
De 293 a 337	Noroeste	NO	northwest	NW

## 10. Resumen

Los elementos del tiempo atmosférico son:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Viento

Importancia del Tiempo Atmosférico en los incendios forestales.

- Parámetro muy variable
- Relevante influencia en su comportamiento

Signos de inestabilidad atmosférica:

- Nubes en desarrollo vertical (Cúmulos)
- Humo ascendente alto verticalmente.
- Viento en rachas o ráfagas.
- Remolinos de polvo.
- Buena visibilidad.

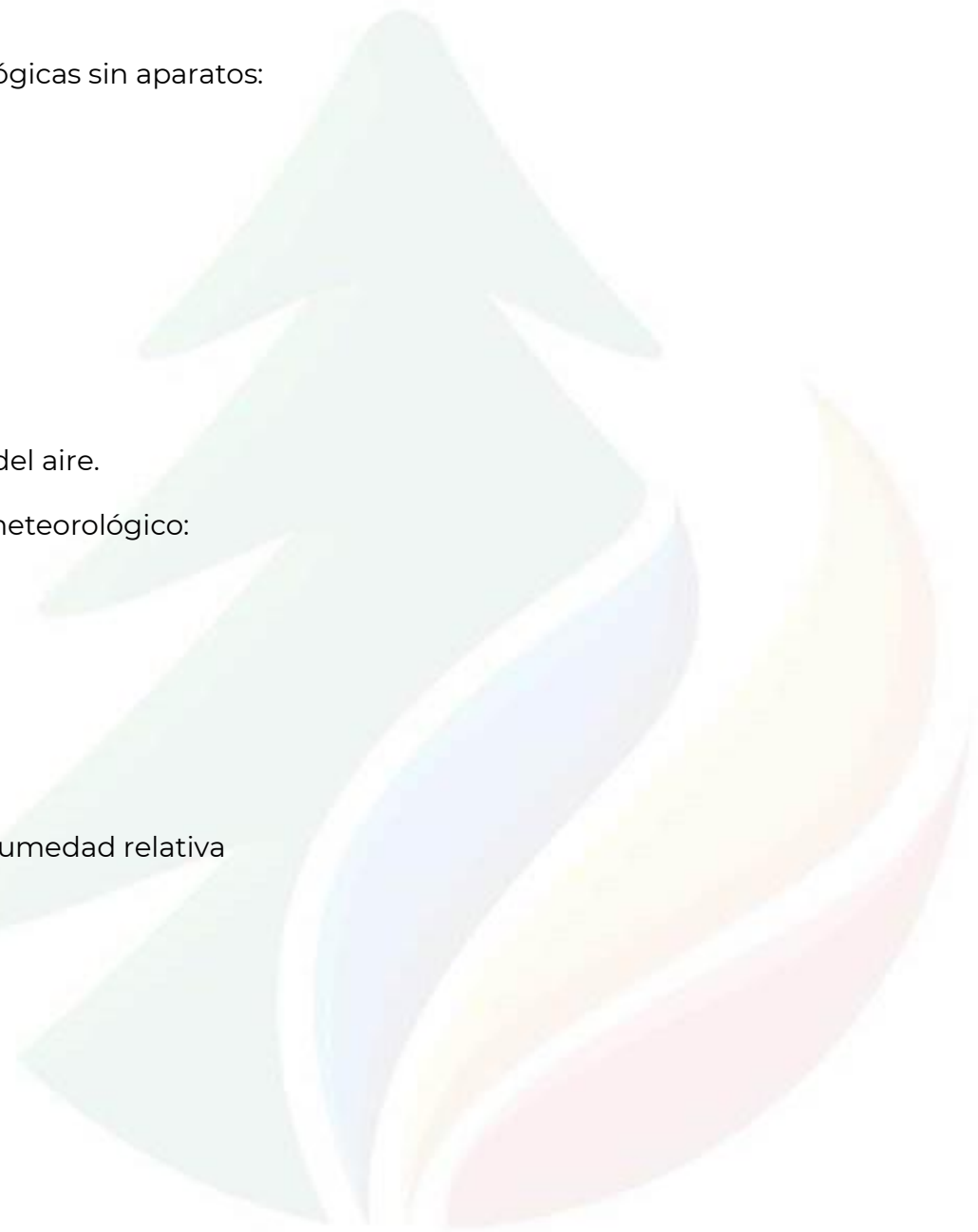
Observaciones meteorológicas sin aparatos:

- Tiempo.
- Nubes.
- Viento.
- Visibilidad.
- Meteoros.
- Comportamiento del aire.

Elementos del estuche meteorológico:

- Anemómetro
- Psicómetro
- Brújula
- Frasco de agua
- Tabla o Regla de humedad relativa

Preguntas y Respuestas





## **2.3.-TOPOGRAFIA**

Al finalizar el tema el participante:

1. Conocerá las 4 características de la topografía que influyen y modifican el clima.
  2. Identificará las tres posiciones generales del incendio con respecto a una ladera y describirá el comportamiento del fuego esperado en cada una de ellas.
  3. Valorará la importancia de los efectos de topografía en el comportamiento del fuego.
  4. Describirá 3 métodos para orientarse en el terreno durante el combate de incendios forestales.
1. Introducción
    - A. Topografía: Es sumamente importante por su forma de modificar a los otros dos componentes de la Gran Triada: el tiempo atmosférico y los Combustibles. Este tema se enfoca a tratar las interrelaciones que suceden entre dichos componentes, destacado cuatro características básicas, que por su influencias modifican el ambiente y comportamiento del fuego.

- B. La topografía, o la configuración de la tierra, es el más constante de los tres factores principales. Por eso, es más fácil predecir las influencias que tendrá la topografía en el incendio, que las características de los combustibles y las condiciones atmosféricas.

## 2. Características topográficas que modifican el clima

Las características que vamos a analizar de la topografía son estáticas, de modo que no sufren variación alguna.

### A. Altitud o elevación: la altura sobre el nivel del mar:

1. Precipitación: Distintas elevaciones reciben diferentes cantidades de precipitación debido a su altura. Por ejemplo: las partes superiores de la cordillera reciben más precipitación que las partes inferiores.
2. Adaptabilidad de especies: Según las características fisiológicas de cada especie vegetal, esta se desarrollan a diferentes alturas. Por ejemplo, los bosques de clima templado se desarrollan a mayor altitud y las selvas a menor altura sobre el nivel del mar.
3. Desección: La fecha de secamiento es influida por la elevación; las zonas inferiores se secan antes que las superiores.

### B. Exposición: se refiere a la orientación de una ladera respecto al sol.

1. Las laderas con una orientación hacia el sol tienen una temperatura alta, por recibir los rayos del sol más directamente que las otras exposiciones. Como consecuencia, ocurre una disminución de la humedad relativa y aumento de temperatura.
2. Por escasez de agua, las laderas orientadas hacia el sol están más secas y con menos vegetación (combustible) y/o una tasa reducida de crecimiento.

### C. Configuración: conocida también como relieve, tiene una especial influencia o efecto en los regímenes de viento y en general en el microclima de cada localidad.

### D. Pendiente: Es la más importante de las características topográficas que afectan el comportamiento del fuego. Su efecto se caracteriza por la influencia que ejerce en el desarrollo de la columna de convección y por el hecho de que mientras más inclinada se presente, mayores posibilidades existen para que se establezca un contacto directo entre las llamas y las copas de los árboles.

## 3. Efectos de la topografía en el clima cotidiano

Durante el transcurso del día hay variaciones en las condiciones meteorológicas debidas a cambios en la posición del sol con respecto a la topografía, al trasladarse el

sol de un lugar a otro. Se ven diferencias en el viento, temperatura, humedad relativa, etc.

1. Temperatura: No todas las exposiciones tienen la misma temperatura en una hora fija o durante el transcurso del día.
  - Durante el transcurso del día la temperatura de cierta exposición, va a fluctuar. Por ejemplo, una exposición oeste en la mañana tendrá temperaturas relativamente bajas en comparación con las exposiciones este. En la medida tarde se verá una temperatura bastante alta en las exposiciones oeste debido a la posición del sol.
2. La humedad relativa: Debido a su relación con la temperatura, la humedad relativa también fluctúa. Se ven diferencias entre exposiciones en una hora fija y durante el transcurso del día. Se ven las variaciones de humedad relativa inversamente con la temperatura como se indicó anteriormente.
3. Contenido de humedad del combustible: Se ha visto una correlación entre las fluctuaciones de la humedad relativa y el contenido de humedad del combustible, como una consecuencia de las variaciones diarias, particularmente pronunciadas, en los combustibles finos. También

De una exposición a otra en una hora dada, se ven diferencias en el contenido de humedad de los combustibles.

4. Viento: Cabe mencionar también que con las variaciones diarias de temperatura las exposiciones más afectadas serán las que más se calientan por el sol. Se ve una correlación entre velocidades y dirección de los vientos locales.
4. El comportamiento de un incendio como consecuencia de la topografía
  - A. La pendiente afecta la propagación:
    1. Con una pendiente fuerte, se acelera la propagación por estar los combustibles más cerca de las llamas; la fase de precalentamiento aumenta la tasa de combustión, por lo tanto la velocidad de propagación se acelera.

La forma que se adquiere un incendio es influida por la pendiente. Esta ejerce una fuerza similar a la de los vientos.

2. Las pavesas rodantes son más frecuentes en las pendientes mayores.
3. Hay que tomar en cuenta los vientos cuesta abajo.

B. Altitud o Elevación: Afecta también el comportamiento de los incendios de modo que, un incendio en cada una de las tres zonas va a mostrar distintas características.

1. En el tercio inferior hay más temperaturas más altas. Generalmente se cuenta con una mayor cantidad de combustible. Se espera entonces alta resistencia al control. Probablemente habrá una tasa más alta de combustión, es decir se crea una alta intensidad lineal del fuego, mayor velocidad de propagación, llamas más altas, etc.
2. En el tercio intermedio se ve una disminución de lo mencionado comparativamente. Debido a la disponibilidad del combustible. Pero es importante destacar que es en este sector donde se presenta la formación de cinturón térmico.

Cinturones térmicos ocurren durante la noche en regiones montañosas.

- Tienen el promedio de temperatura más alto y el promedio de humedad más abajo. Además el índice de peligro es lo mismo.
  - En la noche aire fresco y pesado entra al valle
  - El aire caliente en el valle es empujado hacia arriba por el aire fresco.
  - El cinturón térmico se enfría más despacio que los otros tercios.
  - El efecto del cinturón térmico es más notable durante días y noches despejadas.
3. En el tercio superior es donde ocurren cambios bruscos de viento. Esta cerca de la cumbre, donde ocurren interacciones entre los vientos locales y generales y se forman los remolinos. La propagación se reduce porque hay menos combustible.
- C. Exposición: cuando se conocen las distintas características del comportamiento del fuego en ciertas exposiciones, se puede usar esta información como una ventana para decidir la estrategia y tácticas a emplear. Por ejemplo: al encontrarse con vegetación más verde o con un alto contenido de humedad al otro lado de la cumbre se pondrá preocupar de otro frente en llamas y atacarlo.

D. Configuración: El aspecto que presenta el terreno.

El viento sigue el sentido de un cañón o quebrada:

- a) En las curvas o donde haya perturbaciones pronunciadas se puede esperar remolinos. Este fenómeno es similar al que ocurre en la cumbre, es decir que los vientos son modificados por la desigualdad de la superficie.

- b) Los terrenos montañosos representan la máxima superficie de fricción a los vientos: también son obstáculos al movimiento del viento.
- c) Cuando el flujo del aire cruza la cumbre de una montaña, su dirección y velocidad son influenciadas por la forma de la montaña. Las cumbres redondeadas tienden a alterar en un bajo grado al flujo de aire, sobre todo cuando los vientos son suaves y moderados.
- d) Las cumbres abruptas, sin embargo originan generalmente una turbulencia significativa junto con numerosos remolinos a sotavento.
- e) La transferencia de calor de una ladera a la otra es común en cañones estrechos.
- f) Cañones: Amplios no son muy importantes, salvo la consideración de exposición.
- g) Chimeneas o cañones muy estrechos: se calientan las laderas a una tasa acelerada. El precalentamiento ocurre más rápido. Se presenta una posible condición explosiva.
- h) Inversiones de la noche: Un incendio en el fondo de un cañón puede quemar lentamente, pero los gases y el aire caliente no pueden escapar. Los combustibles se calientan pero les falta el oxígeno para arder. Una ruptura de la inversión a la media mañana, puede producir una explosión o sea una tasa tan alta de combustión, por lo que no hay nada que hacer hasta que se reduzca la condición.
- i) En la unión de dos o más cuencas poco se puede predecir en cuanto a que va a pasar con los vientos y el incendio resultante.

Los factores más importantes son:

- ✓ Dirección del viento durante el día.
- ✓ Los remolinos en la unión de los cañones.

#### 4. Barreras naturales o artificiales

Se caracterizan por una ausencia de combustible.

Las barreras retardan o detienen la propagación del incendio. Un factor importante es que pueden ayudar a limitar la dirección de la propagación y dar oportunidades para un control más cómodo.

Los obstáculos al incendio incluyen barreras naturales y artificiales (hechas por el hombre).

##### A. Barreras naturales

Entre las barreras naturales se encuentran los ríos, lagos, áreas rocosas y algunos combustibles que debido a su contenido de humedad u otras características, no se queman también como otros en la misma área.

## B. Barreras artificiales

Las barreras artificiales incluyen caminos, carreteras depósitos de agua y la línea de fuego que los combatientes van a construir.

## 5. Orientación

Es importante que el combatiente se encuentre orientado en todo momento, ya sea para dar información respecto a su posición en el incendio, dirección de las operaciones aéreas o para mantener un rumbo dado durante la marcha hacia y desde el incendio. Para esto existen varios sistemas de orientación, que fácilmente pueden ser utilizados por el combatiente.

### A. La Brújula.

Es el instrumento más sencillo, y de fácil manejo, para orientarse en el terreno por medio del “rumbo y/o azimut”. Existen diferentes tipos de brújulas, pero para el caso de incendio forestal las más usuales son la Brújula Bronto y la Brújula Silva.

#### 1. Uso de la Brújula.

Debemos mantenerse fundamentalmente estable y a nivel. Se alinea la mira y su prolongación mediante una línea vertical marcada en el espejo con las marcas indicadas en la base y el objetivo o blanco. De esta posición se leen los valores que indica la aguja.

#### 2. Precauciones.

- ❖ Manejarla cuidadosamente a pesar de lo solido que sea su diseño, pues la esfera mantiene un equilibrio tan delicado y perfecto, que cualquier golpe podría dañarla.
- ❖ Cerrarla y colocar en su estuche especial.
- ❖ No tomar las lecturas en la brújula cerca de mesas de fierro o circuito eléctricos. A un mínimo de 60 mts. Deben de estar alejados estos elementos del observador. El uso de la brújula debe formar parte de la instrucción en el combate de incendios forestales.

### B. Orientación por medio de la Carta.

Una carta esta convenientemente bien orientada cuando en una posición horizontal todas sus líneas coinciden paralelamente con el terreno. Se requiere un minucioso estudio de los accidentes del terreno y de la carta para ubicar los que sean comunes



y fácilmente identificables entre ambos, Especialmente lineales, tales como caminos, vías férreas, cercos, cordones montañosos, líneas de alta tensión, etc.

## C. Orientación utilizando un reloj y el sol.

Se orienta el reloj mirando por el diámetro indicado por el puntero horario y su prolongación hacia atrás. Se coloca un palo delante del puntero de tal manera que su sombra coincida con el diámetro indicado. De esta manera se tiene orientado al reloj respecto al sol, luego se prolonga una bisectriz para dividir el ángulo que resulta entre el puntero horario y el 12. Se obtiene de esta forma la línea sur y con su prolongación la línea norte.

Este sistema es práctico durante las horas cercanas a la salida del sol y las horas cercanas a la puesta del sol, debido a que en el resto del tiempo este astro se mueve en un plano muy cercano a la vertical.

## D. Orientación usando el método de la sombra.

Ubique un palo verticalmente en el suelo, en un sitio nivelado, de manera que se pueda obtener una sombra de aproximadamente 12 pulgadas, marque la sombra con una piedra o rama. Esta operación debe ser hecha a 5 a 10 minutos antes del mediodía. Trace un arco usando un extremo de la sombra con el radio y la base del palo en el centro. Una cuerda o un palo, puede ser usando en esto. Al mediodía, la sombra llega a ser muy corta. Después del mediodía la sombra se prolonga hasta que cruza el arco. Marque el lugar tan pronto como la sombra toque el marco por segunda vez, tire una cuerda a través de las dos marcas obtenidas en el Este y Oeste. Se divide esta línea en dos. Y se traza una línea desde la base del palo, obteniendo de esta forma la referencia norte o sur deseada.

Este método es el más seguro y puede ser usado en todas las latitudes, excepto más allá de los 66° de latitud durante todo el año.

## E. Orientación en la noche.

En la noche las estrellas pueden ser usadas para determinar la línea norte por medio de la Estrella del Norte.

## F. Orientación por indicios.

Hay ocasiones en que no es posible emplear ninguno de los métodos expuestos y hay que recurrir a indicios que pueden servir para obtener una orientación aproximada.

## 6. Resumen

A. Los aspectos relacionados con la topografía que afectan el comportamiento del fuego básicamente son:

### 1. Pendiente.



Es el más importante de los factores topográficos que afectan el comportamiento del incendio. Su efecto se caracteriza por la influencia que ejerce en el desarrollo de la columna de convección.

## 2. Altitud.

Afecta el comportamiento del fuego de una manera parecida a la exposición. Además influye en la disminución del oxígeno al aumentar las altitudes. Sin embargo este factor es el que menos importa en la ocurrencia y desarrollo de incendios forestales.

## 3. Exposición.

Influye sobre las características y la condición de la vegetación.

## 4. Configuración.

Tiene una influencia especial o efecto en los regímenes de viento y en general en el microclima de cada localidad.

- B. Los tres factores del clima actual (viento, temperatura, humedad).
- C. El movimiento de un incendio como una consecuencia de la topografía.
- D. Barreras Naturales
- E. Orientación.

## 2.4.- COMBUSTIBLE

Al terminar este tema el participante:

1. Diferenciara los combustibles según su ubicación.
2. Definirá disponibilidad de los combustibles y la importancia que tiene en su trabajo.
3. Enumerar ocho características principales y definirá brevemente cada una.

4. Explicará el efecto de la humedad atmosférica en la humedad del combustible.
5. Mencionara las cuatro 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.

## 1. Introducción

### E. Personal

- F. En el estudio del comportamiento del incendio, porque “nos importan los combustibles.

- Los combustibles son un factor en la Gran Triada.
- 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 Triada sobre el que se puede actuar directamente. Ni el tiempo atmosférico ni la topografía pueden modificarse.

### G. Definir los combustibles.

#### 1. Materiales vegetales que pueden arder.

#### 2. Son de dos clases: muertos y vivos.

- Muertos.
  1. Ramas caídas.
  2. Hojas secas.
  3. Pasto seco, etc.
- Vivos.
  1. Hiervas.
  2. Matorrales.
  3. Plantaciones, etc.

## 3. Lo que existe depende de:

- Exposición.
- Altura sobre el nivel del mar.
- Latitud.
- Lluvia, nieve, etc.
- Suelo (tipo).
- Clima.
- Edad de la vegetación (densidad y especie).
- Actividad y manejo anterior.

## 2. Clasificación por ubicación

Se reconocen 4 estratos de combustibles:

- A. Subterráneos: Raíces y otros materiales que se encuentran en el suelo mineral.
- B. Superficiales: Compuesto por hojas, acículas, ramas, ramillas, arbustos o arboles jóvenes, tronos, etc. que se encuentran dentro de  $1\frac{1}{2}$  metros de altura sobre el suelo.
- C. Aéreos: Ramas (en el fuste del árbol) follaje, musgo, etc. que se encuentran dentro de  $1\frac{1}{2}$  metros de altura sobre el suelo.
- D. Combustibles de continuidad vertical: Los combustibles que forman una escalera desde el suelo del bosque hacia las copas de los árboles, tales como ramas extendidas cerca del suelo, arbustos, agujas secas colgantes, arboles jóvenes en el sotobosque, etc. Facilitan el fenómeno que se llama "coronamiento" (ignición esporádica de la copa de algún árbol).

## 3. Disponibilidad del combustible

No se consume todo el combustible cuando ocurre un incendio

- A. Combustible total – todo material vegetal en el sitio. Se incluyen el combustible vivo tanto como el muerto.
- B. Combustible disponible - el combustible que está en condiciones de arder y consumirse durante el incendio.

- C. Combustible restante – aquella fracción del combustible total que no está disponible para quemarse y que queda después del incendio. Es probable que no se haya quemado debido a la alta humedad del combustible (por ser vivo o muy mojado), por ser demasiado grande (tronco, tocones, etc.,) o por estar fuera del alcance de las llamas.
- D. Preguntas: Que es más importante para el combatiente de incendios: ¿La cantidad de combustible, o la cantidad disponible de combustible?
  - a. Respuesta: ¡El combustible disponible! Pues solo el combustible que se quema puede contribuir a la intensidad calórica y mientras más combustible haya más aumenta la duración de la combustión y la intensidad lineal del fuego

La posibilidad puede cambiar según:

1. La hora.
2. La época del año.
3. La ubicación (estrato).
4. El tiempo atmosférico.
5. La vegetación.
6. El propio fuego (su intensidad).

#### 4. Características principales del combustible

Ocho características principales:

1. Cantidad de combustible.
  2. Tamaño y forma.
  3. Compactación.
  4. Continuidad horizontal.
  5. Continuidad vertical.
  6. Densidad de la madera.
  7. Sustancias químicas.
  8. Humedad del combustible.
- A. Cantidad de combustible

# Programa de Manejo del Fuego

1. Se mide por la carga o peso de combustible seco por unidad de superficie (Kg/m<sup>2</sup>, toneladas/ha.)
2. Importancia: mientras más combustible haya, más fuerte arde el incendio.

$$I = K \times C \times V.$$

I=Intensidad lineal del fuego.

K=Calor de combustión (constante)

C=Carga de combustible consumido

V=Velocidad de propagación.

3. Aproximadamente, cuando el combustible consumido se reduce a la mitad la intensidad se reduce a la cuarta parte.

1. La cantidad de combustible varía bastante desde una clase de vegetación a otra.

a) Desierto.

0-3 toneladas/ha.

b) Pasto y arbustos.

2-12 toneladas/ha.

c) Matorrales.

20-100 toneladas/ha.

En latitudes templadas lo usual es de 5 – 30 ton/ha. con un máximo en 60 ton/ha.

d) Desechos de bosque.

Raleo: 70 toneladas/ha.

Explotación: hasta 250 toneladas/ha.

2. Métodos para determinar la cantidad de combustible:

a) Pesar muestras.

b) Métodos estadísticos.

c) Fotografías.

B. Tamaño y forma

El tamaño es importante.

- a) Se trata de la relación de área superficial al volumen de la partícula.
- b) Demostración:
  - 1. Cubo de madera de un metro cubico.
    - Tiene seis caras y cada cara representa 1 metro cuadrado. Entonces el área superficial suma seis metros cuadrados.
    - Por lo tanto la relación de área superficial al volumen es igual a  $6m^2/m^3$ .
    - Partiendo el cubo, no se cambia el volumen, pero si se aumenta el área superficial. Así que la relación de área superficial al volumen es más grande.
  - 2. Ramita de 13 mm de diámetro:  $308 m^2/m^3$ .
  - 3. Agujas de pino:  $5600 m^2/m^3$ .
  - 4. Pasto:  $6600 m^2/m^3$ .
- c) Toda agua y calor pasa por el área superficial de la partícula. Se sabe que los combustibles finos tienen alta relación de área superficial a volumen. así tienen más área a través de la cual:
  - 1. Absorben o expelen agua, y así se cambia rápidamente la humedad del combustible. Volveremos a este tema más adelante.
  - 2. Absorben calor desde los combustibles ardientes adyacentes y alcanzan más rápidamente la temperatura de ignición.
- d) Los combustibles finos, no solo se encienden más fácilmente, sino que también arden rápidamente y se queman por completo.
- e) Categoría de combustible por tamaño:
  - 1. Finos o ligeros (menor a 5 mm de diámetro): hojarasca, pasto, capa en descomposición, acículas de pino, etc.
  - 2. Regulares (5 a 25 mm): ramillas, tallos pequeños (arbusto, flores).
  - 3. Medianos (25 a 75 mm): ramas.
  - 4. Gruesos o pesados (mayor de 75 mm): fustes, troncos, ramas gruesas.

Tiene sentido esta clasificación, ya que las partículas en una categoría dada ocasionan efectos semejantes en el comportamiento del incendio. Para evaluar la influencia que ejerce el tamaño de combustible en el comportamiento del incendio, es imprescindible saber la cantidad de combustible en cada categoría de tamaño.

- 5. Forma de combustible.

- a) Tiene que ver con la relación de área superficial al volumen.
- b) Más importante, influye en la facilidad de causar focos secundarios.

## C. Compactación

1. Definición: Espacio entre los combustibles, es decir, dentro de una cantidad de combustible, que porcentaje son partículas de combustible y que porcentaje es aire entre las partículas.
2. Un componente de combustible más compacto o con menos aire tendrá una compactación más alta.
3. Un componente de combustible menos compacto o con más aire o espacio entre los combustibles tendrá una compactación baja.
4. La hojarasca de pino comprado con hojarasca de conífera de agujas cortas:
  - a) ¿Cuál tiene una baja compactación, por lo tanto el aire puede pasar libremente y las partículas se secan rápidamente? (Al pino).
  - b) ¿Cuál tiene partículas bien rodeadas por aire de manera que se sostenga la combustión con facilidad? (El pino).
  - c) ¿En cuál se propagará el incendio más rápidamente? (El pino).
5. Entonces la compactación afecta:
  - a) La tasa de secamiento. Mientras haya más espacio o aire, se secan los combustibles más rápidamente y viceversa.
  - b) La velocidad de propagación. Con suficiente aire el incendio tiene más oxígeno para propagarse más rápidamente.

## D. Continuidad horizontal

1. Es decir, la distribución de los combustibles en el plano horizontal.
2. Es un factor principal en la propagación de un incendio, ya que va a definir hacia donde se propagan las llamas e influir en la propagación lineal que alcance el incendio.
3. Existe una gran variedad de condiciones de continuidad. Sin embargo, basta con reconocer 2 clases:

### a) Uniforme

No hay interrupción en el combustible. Las llamas se propagan sin barreras.



b) No uniforme.

El combustible se encuentra en forma dispersa. Está rodeado de un área despejada o con vegetación no disponible.

H. Continuidad vertical

1. Se refiere a la distribución de los combustibles en el plano vertical.

2. Influye en la probabilidad de que un incendio superficial se transforme en un incendio de copa.

3. Antes se trató de los combustibles que forman una escalera. Si existe tal condición, entonces se dice que hay continuidad vertical de los combustibles. Si no existe, como por ejemplo en un bosque bien podado y limpio de desechos, no hay continuidad vertical.

1. Densidad de la madera

1. Lo que nos importa es la "capacidad calórica", es decir, la capacidad de la madera de absorber calor sin cambiar de temperatura.

2. Madera densa. como por ejemplo el roble y el guayacán, puede absorber más calor que una madera liviana, como el pino, antes de encenderse.

3. Más importante es que los combustibles de muy poca densidad, como son los troncos y tocones podridos, tienen una capacidad calórica muy baja. Quiere decir que no aceptan mucho calor sin que suba la temperatura hasta el punto de ignición. Por lo tanto, éstos se encienden con facilidad y son importantes donde existe la posibilidad de pavesas y focos secundarios.

A. Sustancias químicas

1. Algunos combustibles contienen ciertos materiales volátiles junto con la celulosa. Estas sustancias químicas, tales como aceite, cera y resina, hacen que el combustible que las contiene, esté disponible bajo condiciones que no permiten arder a otros combustibles que no poseen aquellas sustancias.

2. Ejemplos:

a) Arbustos en zonas semiáridas tienden a ser resinosos ya contener altas cantidades de sustancias químicas.

b) Los pinos tienen resina, la cual es sumamente volátil.

3. Pueden afectar la intensidad lineal del fuego, la dificultad para realizar la liquidación, la velocidad de propagación, etc. Mientras más alto sea el contenido químico, más altos serán los mencionados factores del

comportamiento, es decir, intensidad lineal del fuego, velocidad de propagación, etc.

## B. Contenido de humedad del combustible

1. Este es quizá, el factor más importante al evaluar los combustibles. Influye en la probabilidad de que se inicie un incendio, en el comportamiento que éste desarrolla una vez originado.
2. Antes de que arda el combustible, es necesario evaporar el exceso de humedad. Por lo tanto la humedad del combustible determina la cantidad requerida de calor para encender la materia vegetal, así como el calor que el combustible ardiente puede trasladar a partículas adyacentes.
3. Es la cantidad de agua en el combustible, expresada como porcentaje del peso seco del combustible.

$$\frac{\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100 = \text{Humedad del combustible (\%)}$$

- a) Puede variar desde casi 0% hasta más de 300%
- b) Métodos para determinar el contenido de humedad de combustible.
  1. Con horno a convección.
  2. Balanza para medir el contenido de la humedad del combustible en varillas de madera
  3. Tablas para calcularlo.
4. Los combustibles vivos, así como los arbustos, árboles y pastos verdes, tienen una humedad de combustible muy elevada De manera que pueden funcionar como retardante del incendio. Por eso la relación entre combustible muerto y combustible vivo es muy importante en ciertas combinaciones de combustible.
5. El contenido de humedad del combustible varía mucho de un momento a otro y de un lugar a otro.
  - a) En general, la humedad del combustible disminuye a lo largo de la temporada de incendios, en relación con el número de días sin lluvias.

Los combustibles muertos se secan, debido a los días de altas temperaturas y pocas lluvias. No hay estudios precisos para América Latina; sin embargo, en Norteamérica se ha determinado que una vez que la humedad del combustible cae abajo del 15 a 25%, el combustible está disponible para arder. Mientras más seco se encuentra el combustible, más fuerte arde.

b) "Tiempo de retardación". Es una forma de medir el tiempo con el cual una partícula alcanza el contenido de humedad de equilibrio. Se define como el tiempo requerido para perder aproximadamente 63% ó  $2/3$  de la diferencia entre el contenido de humedad actual o inicial y el contenido de humedad de equilibrio. Este tiempo depende mayormente del tamaño o grosor (es decir, la relación de área superficial al volumen) de la partícula. Por experiencia se sabe bien que tarda más en secarse un tronco mojado que una hoja saturada. En resumen, los combustibles ligeros llegan más rápidamente a estar en equilibrio con su ambiente que los más gruesos.

e) Clasificación del combustible por tamaño y tiempo de retardación:

Categoría	Diámetro	Tiempo de
Finos o ligeros	Menor a 5	1 hora
Regulares	5 a 25	10 horas
Medianos	2.5 a 75	100 horas
Gruesos o	Más de 75	1000 horas

Por ejemplo, una partícula fina está en la categoría 1 hora. Quiere decir que, si se expone esa partícula a nuevas condiciones de temperatura y humedad relativa, tardará una hora en cambiar  $2/3$  de la diferencia entre el contenido de humedad de combustible inicial y el contenido de humedad en equilibrio con el ambiente nuevo.

Una ramita de 1.5 mm tardaría 10 horas en efectuar el mismo cambio, y un tronco de 90 mm tardaría 1000 horas (40 a 50 días).

d) ¿Por qué le importa esto a Ud.? Lo anterior indica que los combustibles finos ganan y pierden humedad muy rápidamente. En contraste, los gruesos son más lentos en este aspecto. Esto explica la razón por la cual puede ocurrir un incendio grave en pasto, pocas horas después de una lluvia. O bien, el motivo por el cual los troncos arden con mucha intensidad en la noche mientras el pasto está demasiado mojado por el rocío.

1. 6) Algunos factores que ocasionan cambios en el contenido de humedad del combustible:

a) Condición (vivo o muerto) del combustible.

b) Estación del año.

e) Temperatura del aire.

d) Humedad relativa.

e) Días sin lluvia.

f) Si está soleado o sombreado el lugar (debido al efecto en la temperatura)' la humedad relativa)

g) Viento.

h) Proximidad a combustibles ardientes.

i) Exposición y pendiente (radiación recibida).

## 6. 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 la disponibilidad de los combustibles que allí se encuentren. A lo mejor no todos van a consumirse. Los resultados dependerán de las ocho características del combustible.

## 3.- ECOLOGÍA DE FUEGO Y EVALUACIÓN DE EFECTOS DE FUEGO

### 3.1.- ECOLOGÍA DE FUEGO

Al finalizar este tema, los participantes serán capaces de:

- Definir Ecología del Fuego
- Describir el contexto de los efectos del fuego.
- Describir la relación que existe entre el comportamiento del fuego y los efectos que produce
- Enumerar algunos de los efectos del fuego en el hábitat y las especies

### INTRODUCCIÓN

Los incendios son tan antiguos como la tierra misma. Durante millones de años, el fuego ha sido y continúa siendo una fuerza evolutiva mayor que define el tipo de vida en la tierra.

La noción de que el fuego podía ser una herramienta útil para manipular la vegetación y la vida silvestre viene desde los primeros humanos que poblaron la tierra. La amenaza que el fuego representaba para su seguridad y sus pertenencias era igual de obvia para estos humanos primitivos. Tan pronto como la población se fue incrementando y extendiendo a través del mundo, se crearon nuevos regímenes de fuego que continuaron moldeando y modificando los paisajes naturales, es decir los ecosistemas. Con ello también se incrementaron los incendios que destruyen casas, cultivos y recursos forestales. En este contexto, siempre han existido "las dos caras del fuego"- el fuego benéfico y el fuego dañino- dependiendo de las circunstancias.

En la sociedad moderna, los ecólogos y científicos coinciden en que los ecosistemas y las especies a través de miles de años de evolución, tienen diferentes respuestas a la presencia del fuego. Por ello, cada vez concuerdan más en la necesidad de conocer estas respuestas con el fin de orientar las actividades de manejo de un ecosistema dado.

## **ECOLOGÍA DEL FUEGO**

La Ecología del fuego es una rama de la Ecología que se enfoca en los orígenes del fuego y su relación con el ambiente que lo rodea, tanto físico como biótico. El estudio de un fuego que se origina en un ambiente natural está dentro del campo de la Ecología del Fuego.

Los ecólogos del fuego reconocen que el fuego es un proceso natural que frecuentemente opera como una parte integral del ecosistema en el cual ocurre.

Los principales elementos que se estudian en la Ecología del Fuego son la dependencia y adaptación de las plantas y animales a la presencia del fuego, el régimen de fuego y los efectos del fuego en los ecosistemas y sus respuestas.

Para un ecólogo el fuego puede tratarse como uno de los muchos factores existentes en el ambiente. Se le compara con la existencia de sequías, inundaciones, huracanes y otros disturbios físicos debido a los impactos directos que éstos producen en los organismos.

Frecuentemente un incendio es tratado como un evento aislado aunque repetible, sin considerar que un fuego no es igual a otro. Las características inmediatas de un incendio forestal que se presenta en un tipo de vegetación determinado en un tiempo dado dependen tanto de las condiciones prevalecientes en el momento de la quema como de las condiciones históricas del sitio. Estos componentes inmediatos e históricos no son independientes pues las condiciones previas al fuego (condición histórica) tienen una gran influencia en las características inmediatas del fuego. Un ejemplo claro de esta aseveración es que un sitio sin fuego durante 50 años se quemará con mayor intensidad que un sitio en condiciones similares que se haya quemado 10 años antes. La diferencia entre ambos sitios es el tiempo que ha pasado acumulándose el combustible, característica que afectará el comportamiento del fuego; los efectos de estos dos fuegos, solo por la diferencia en carga de combustible también será diferente.

En resumen, la Ecología del fuego se enfoca en tratar de explicar las respuestas de los individuos, las comunidades, las poblaciones y los ecosistemas a la presencia del fuego como un factor dinámico a través del tiempo en un sitio determinado.

## **EL CONTEXTO DE LOS EFECTOS DEL FUEGO**

El contexto de los efectos del fuego puede resumirse en los siguientes puntos:

1. Los efectos ecológicos del fuego pueden ser extremadamente complejos- ¿Cómo explicar la relación entre el efecto que el fuego produce en las poblaciones de plantas y por consecuencia el efecto que produce en las poblaciones de herbívoros.
2. En la mayoría de los casos el fuego no debería ser visto como un evento catastrófico. Los efectos del fuego pueden considerarse similares a otros efectos producidos en los organismos por eventos recurrentes como las inundaciones, las sequías y los huracanes.
3. Para entender los efectos del fuego es necesario considerar la línea en el tiempo. Un árbol individual puede ser impactado por muchos incendios a lo largo de su vida, mientras que para las especies de insectos y pequeños mamíferos varias generaciones pueden ser afectadas entre dos incendios consecutivos.
4. La respuesta de una población a un simple fuego no es un indicador de que la genética de la población ha desarrollado adaptaciones al fuego que le permitan enfrentar con éxito una serie de incendios o fuegos.
5. Los regímenes de fuego "naturales" prácticamente no existen; la participación del Horno sapiens a lo largo de miles de años ha moldeado los
6. Ecosistemas a través de igniciones antropogénicas. Por tanto Se debe poner
7. atención en entender cómo los organismos, las poblaciones y las comunidades
8. responden a los regímenes de fuego establecidos por las prácticas humanas.
9. El estudio de los efectos del fuego en los organismos, poblaciones y comunidades es muy limitado. La respuesta de éstos a la presencia del fuego muchas veces no se conoce en el corto plazo por lo tanto a reserva de contar con información confiable, es necesario que el manejo del fuego se haga con base en "inferencias" o "asunciones".

## **LA RELACIÓN QUE EXISTE ENTRE EL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO Y LOS EFECTOS QUE PRODUCE**

### **A. El Comportamiento del fuego y su importancia ecológica**

Una vez que la combustión se ha iniciado, se producen las siguientes preguntas relevantes:

- ¿Qué temperatura alcanzará el fuego, es decir que tan caliente será?
- ¿Qué velocidad de propagación tendrá?
- ¿Cómo serán las otras características o variables del comportamiento? Del fuego?- Incendio subterráneo o incendio de copa (tipo), quema frontal o quema en puntos, área total quemada, regular o irregular? Este aspecto es importante porque la intensidad



del fuego y la velocidad de propagación son factores que influyen en la distribución y abundancia de los organismos.

La intensidad del fuego influye directamente en la altura de chamuscado y por lo tanto influye en la cantidad de las copas consumida, muerta o no alcanzada por el fuego.

La velocidad de propagación en el frente del incendio determinará el "tiempo de residencia" del fuego que influye en la temperatura letal en un punto o área dada, factor que es importante tanto para plantas como para animales.

La continuidad del frente de las llamas, determinará si los animales pueden escapar hacia zonas quemadas con relativa seguridad.

La quema en parches determinará la posibilidad de tener áreas viables para la recolonización de áreas quemadas dentro de los límites del incendio.

La combustión parcial o total determinará la cantidad de biomasa remanente como cubierta y barrera para prevenir la erosión de sitios quemados.

La relación entre el comportamiento del fuego dado por los elementos de la Gran Triada (Combustibles, Tiempo Atmosférico y Topografía) influye directamente en la severidad de la quema y en los efectos que produce.

Por ello es importante que al utilizar el fuego como una de las herramientas de manejo, se considere la relación entre los objetivos con los efectos del fuego esperados, tal como se verá más adelante.

## **LOS EFECTOS DEL FUEGO EN EL HÁBITAT Y LAS ESPECIES**

El rol del fuego en muchos ecosistemas forestales del mundo es poco entendido por los científicos y generalmente no es reconocido por la sociedad y cuando los beneficios del fuego son reconocidos, el régimen de fuego ecológicamente apropiado para un ecosistema puede ser un enigma.

El hecho de que el fuego tenga dos caras- produzca efectos benéficos y efectos dañinos dependiendo de las circunstancias- no ha sido reconocido por las sociedades y los gobiernos, que han demandado o desarrollado sofisticadas tecnologías de prevención y supresión de incendios forestales.

Solo en los últimos 15 años, algunos gobiernos han empezado a reconocer las consecuencias involuntarias de una exclusión del fuego en algunos ecosistemas forestales, las cuales son un incremento en los costos de supresión, incendios más intensos y una reducción en los períodos de retorno de incendios de gran magnitud.

### **A. Efectos del fuego**



El fuego tiene efectos de primer orden y efectos de segundo orden en el ecosistema, tal como se describe a continuación:

a) Efectos de primer orden

- Mortalidad
- Consumo de combustible
- Exposición del suelo mineral
- Calentamiento del suelo
- Humo

b) Efectos de segundo orden

- Regeneración de especies
- Sucesión vegetal
- Productividad del sitio

B. Respuesta de los organismos, las poblaciones y las comunidades a la presencia del fuego

a) Supervivencia

La sobrevivencia de organismos individuales al paso del fuego está determinada por características tales como historia del fuego en el organismo, anatomía, fisiología y comportamiento.

Los cambios de las poblaciones y comunidades en respuesta a un régimen de fuego en particular, dependerán de estas características individuales de los organismos.

La supervivencia al fuego por parte de los organismos tiene dos componentes:

- ❖ La sobrevivencia a los efectos directos del fuego durante el paso de las llamas.
- ❖ La tolerancia a las condiciones post-fuego

Ambos componentes son importantes porque muchos organismos pueden encontrar alternativas para sobrevivir al paso directo de las llamas solo para sucumbir al stress determinado por las condiciones post-fuego.

b) El fuego y las plantas

La temperatura a la que se exponen los tejidos de las plantas determina la mortalidad o no de los tejidos. A mayor temperatura mayor será la probabilidad de que el tejido muera. Algunas de las adaptaciones que las plantas han desarrollado son:

- ❖ Protección de tejidos críticos.- Cortezas gruesas protegen el cambium; aislamiento vegetativo de los meristemos (pastos por ejemplo); raíces y

tallos subterráneos; floración después del fuego; apertura de frutos expuestos a la temperatura.

- ❖ Aprovechamiento de las condiciones post-fuego.- Las plantas pueden
- ❖ □ incrementar su productividad, incrementar la floración, mejorar la dispersión de las semillas después del fuego y mejorar el establecimiento de las semillas en las áreas quemadas, repoblación por rebrotes.

## c) Efectos del fuego en la fauna

Efectos directos.- Uno de los aspectos a tener en cuenta durante la ocurrencia de un fuego es el impacto que ocasiona en los animales; entre otros se encuentran: muerte por quemaduras y asfixia, quema de nidos.

Efectos indirectos.- Expone animales individuales a la depredación, elimina la cubierta vegetal y destruye los suministros de alimentos.

Efectos en el hábitat.- El fuego puede ser necesario para mantener el hábitat, crear sitios de anidamiento y estimular las fuentes de alimento.

Movilidad.- Es común que los animales tengan comportamientos que les permiten evadir la exposición al fuego utilizando su movilidad: se esconden en lugares subterráneos (refugios), re anidan, escapan y se esconden en áreas no quemadas, los animales provenientes de áreas no quemadas vuelven a poblar las áreas quemadas

## **4.- TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INCENDIOS Y VALORACIÓN DE PÉRDIDAS**

### **4.1.- TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INCENDIOS**

Al terminar este lema el estudiante:

- Describirá la definición de análisis de un incendio.
- Enumerará las clases de análisis.
- Partes a considerar en el análisis de un incendio.

#### **1. Introducción**

En este tema se va a discutir la revisión de las circunstancias del incendio y de las acciones tomadas para combatir el fuego, con el objeto de juzgar la eficiencia de las operaciones.

##### **A. Definición de análisis de un incendio.**

Repaso de las acciones tomadas con respecto a un incendio individual, un grupo de incendios, o a una época de incendios, para identificar si las acciones fueron eficientes ó ineficientes, para recomendar medios y formas de hacer el trabajo más rápido y eficiente.

##### **B. Propósito de un análisis de incendios.**

El conjunto de los análisis correspondientes a los incendios ocurridos en una zona durante la época de peligro, permitirá hacer una evaluación de los resultados obtenidos y recomendar el mantenimiento o la modificación de las medidas adoptadas para su prevención y extinción, a fin de hacer las operaciones más eficientes y reducir el nivel de daños ocasionados tanto por los mismos incendios como por las acciones emprendidas en la extinción.

##### **C. Clases de análisis.**

1. **Análisis inmediato:** Se realiza en el terreno inmediatamente después del control del incendio, y a veces durante la liquidación. Hay que considerar las ventajas y desventajas de este modo de analizar la situación.

2. Análisis formal: Es aquel que se efectúa a un incendio o un grupo de incendios, a varios días o hasta semanas después de ocurridos. Se puede iniciar a varios niveles de autoridad y se requiere bastante preparación.

3. Análisis de manejo: Esta forma de análisis está dirigida a un programa o a una época de peligro.

Generalmente se inicia cuando las normas de protección no se logran durante una época prolongada.

2. Análisis de un incendio

A. Circunstancias del incendio.

Se deben registrar los datos del incendio en un informe o reporte, tan pronto como sea posible, utilizando las notas de las personas que hayan dirigido la extinción, las de los vigilantes que lo hayan detectado y el registro de la Central.

Los datos se deben anotar en un formato impreso estandarizado para todo el país, que se mantenga sin variaciones importantes durante largos períodos de tiempo como base de una estadística confiable.

La elaboración de los informes o reportes de los incendios, debe ser responsabilidad de una persona, cuyas funciones estén directamente relacionadas con la protección contra incendios, si eso no es posible, se deberá capacitar al personal encargado de esto.

Los datos mínimos que deben registrarse son los siguientes:

1. Localización: Estado, Municipio, localidad, paraje y coordenadas.
2. Fechas: Día y hora de inicio y extinción.
3. Lugar donde comenzó: Nombre y actividades normales en este lugar.
4. Detección: Quien lo detectó y hora, si se supone distinta la hora de inicio.
5. Causa: Tipo de causa probada o más probable y causante, si se conoce.
6. Condiciones meteorológicas: Las necesarias para calcular el índice de peligro y predecir el comportamiento del fuego.
7. Topografía: Altitud y tipo de relieve.
8. Tipos de combustible.
9. Distancia de los medios de extinción hasta el fuego y transporte empleado.

10. Tiempo transcurrido desde la detección hasta que se ordenó la salida (tiempo de notificación) y hasta que comenzó el ataque (tiempo de desplazamiento).

11. Medios empleados: Personal técnico, brigadas o cuadrillas, herramientas, tractores, vehículos contra incendios, motobombas, aviones, retardantes.

12. Superficie afectada por el fuego, diferenciando:

Superficie arbolada: Su aprovechamiento principal es la madera.

Superficie sin arbolado: Incluye matorral y pastizal.

Si el fuego afectó también a los cultivos agrícolas se anotará en las observaciones, pero no se incluirá su superficie en las forestales.

13. Tipo de propiedad de las superficies afectadas.

14. Datos necesarios para la valoración:

Especies, edades, volumen de madera afectada, precios de la madera sana y afectada por el fuego, costos de plantación.

15. Valor de las pérdidas.

16. Mapa del incendio: Normalmente basta un croquis.

B. Acciones tomadas para combatir el incendio.

Se puede repasar contestando brevemente al siguiente cuestionario:

1. Prevención.

- a) ¿Porque se inició el fuego? ¿Si fue inevitable? ¿Qué debería hacer para evitarlo? ¿Es adecuado el esfuerzo de prevención en el área?
- b) ¿Existe actualmente un plan de prevención? ¿Es necesario algún cambio?
- c) ¿Se efectuó alguna investigación, fue completa y rápida? ¿Se aplicó legislación vigente?

2. Primer ataque.

- a) ¿Al primer aviso, era adecuada la descripción de la ubicación y el comportamiento del fuego?
- b) ¿Son adecuados los tiempos de notificación y el tiempo de desplazamiento?
- c) ¿A la vista de las condiciones de tiempo, combustibles y valores involucrados, fueron adecuadas las fuerzas de primer ataque?
- d) ¿Se despacharon las fuerzas de primer ataque que se encontraban más próximas al fuego?
- e) ¿Estaban adiestradas?

- f) ¿Fueron adecuadas y en buen estado las herramientas y otros equipos empleados?
- g) Específicamente, ¿Por qué el fracaso el primer ataque?
- h) ¿Qué se debió hacer para controlar el fuego inmediatamente?
- i) ¿Comunicaciones? ¿Según las normas? ¿Hubo retrasos? ¿Estuvieron bien comunicados entre sí los medios del primer ataque? ¿Funcionaron bien las comunicaciones tierra - aire?
- j) El despachador: ¿Obtuvo todos los datos necesarios? ¿Tomó en cuenta el grado de riesgo, combustibles, topografía?

### 3. Ataque ampliado.

- a) ¿Se nombró inmediatamente un jefe con suficiente experiencia?
- b) ¿Al llegar al incendio, hizo el jefe una evaluación adecuada? Aquí se pueden considerar todas las acciones que sean pertinentes a la situación.
- c) ¿Fue suministrado por el despachador todo el personal y equipo pedido por el jefe del incendio y con tiempo?
- d) ¿Cómo podría haber funcionado mejor el jefe del incendio?
- e) ¿Especialmente, porque no pudo el jefe controlar el incendio el primer día?

### C. Evaluación de la campaña de incendios.

Esta fase se hará al final de la época de peligro utilizando los datos (A y B) obtenidos para cada incendio.

Para la evaluación se deberá organizar un grupo de trabajo en el que intervengan los participantes principales del programa de protección contra incendios. Sus conclusiones deben presentarse a la dirección de la organización en forma de recomendaciones para la próxima campaña.

En esta fase del análisis se puede discutir lo siguiente:

- 1. ¿El número de incendios creció o disminuyó? (Las condiciones meteorológicas fueron favorables o no) ¿La prevención progresa o el riesgo sigue igual?
- 2. ¿Hubo incendios simultáneos?
- 3. ¿La distribución de las brigadas y del equipo fue adecuado? ¿Cuántas veces el primer ataque fue insuficiente?
- 4. ¿El rendimiento de las brigadas fue satisfactorio? ¿Se dispuso de personal bien entrenado?
- 5. ¿La extensión media de los incendios fue mayor o menor que el año pasado?
- 6. ¿Los trabajos de liquidación se hicieron completamente? ¿Cuántos incendios se reactivaron?
- 7. ¿Las medidas de seguridad personal fueron suficientes? ¿Qué accidentes ocurrieron?

8. ¿Fue necesario solicitar colaboración a otras dependencias? ¿Cómo funciona esa colaboración?
9. ¿Los presupuestos para personal y medios llegaron a tiempo antes de la época de peligro?
10. ¿Cuáles acciones deberían reformarse o reforzarse para el año próximo?

Con toda la información recabada se hará un análisis para corregir fallas y errores lo cual permitirá mejorar el programa de trabajo de temporadas de incendios posteriores.

## 4.2.- VALORACIÓN DE PÉRDIDAS

Al terminar el tema, el participante podrá describir de manera general:

- El valor de los daños económicos y la calificación de los daños ecológicos que los incendios forestales ocasionan.
- Un método práctico para realizar un análisis de dichos daños, comparándolos con los gastos de prevención y combate a fin de poder obtener mayor cantidad de recursos para la atención de estos siniestros.

### 1. Introducción

#### A. Definición.

Es el cálculo de los daños materiales en productos y en servicios que originan los incendios forestales.

### 2. Valoración de los daños

Para poder medir los daños que los incendios forestales ocasionan a los recursos naturales, es conveniente considerar la estimación de las pérdidas económicas, y por otra parte la calificación de dichos daños desde el punto de vista ecológico, ambos para cada estrato vegetal.

Para lo anterior, se sugiere la estimación y calificación de los daños sobre los estratos vegetales siguientes:

- ❖ ☐ Arbolado adulto.
- ❖ ☐ Renuevo
- ❖ ☐ Arbustos y matorrales.
- ❖ ☐ Pastos y hierbas.

En cualquier incendio forestal la afectación en dichos estratos vegetales se da en mayor o menor grado, dependiendo de la interrelación de diferentes factores, como la intensidad calórica, velocidad de propagación, tipos de combustible, topografía, condiciones climáticas, etc. Por otra parte los resultados de cualquier campaña de incendios forestales o en particular para



cada uno de ellos, se expresa en la cantidad de hectáreas afectadas por cada estrato vegetal.

Lo anterior, es importante para la aplicación de la metodología para obtener el valor de los daños que los incendios forestales ocasionan, misma que sigue los procedimientos siguientes.

## 2.1. Procedimiento para estimar el valor económico de los daños

A. Cuantificación del porcentaje de afectación.

i. □ Levantamiento de sitios de muestreo para conocer el % de afectación por estrato vegetal.

$$\% \text{ De afectación} = \frac{\text{NIM}}{\text{NIT}} \times 100$$

NIT

Dónde:

NIM = Número de individuos muertos.

NIT = Número de individuos totales de la población.

Donde se incluyen los individuos muertos, los que se recuperaron y los que no sufrieron daño alguno por el incendio.

Cálculo de las hectáreas reales afectadas por estrato vegetal.

$$\text{Ha. Reales Afectadas} = \frac{\text{Hectáreas afectadas por estrato vegetal}}{\% \text{ de afectación}}$$

B. Estimación del valor económico de los daños por estrato vegetal

i. Cálculo del valor económico de los daños en arbolado adulto (Daa).

1. Pérdidas en madera (Pm).

❖ □ Datos básicos.

- Superficie real afectada.
- Costo promedio del m<sup>3</sup> de madera.
- Hectáreas tipo (m-/Ha).
- Obtención del costo unitario por hectárea de las pérdidas en productos maderables.
- Costo unitario Pm = (\$ m<sup>3</sup> madera) (Ha. tipo) + \$m<sup>3</sup>/Ha.
- Obtención del valor económico de las pérdidas maderables en arbolado adulto (Pm).

$$\text{Pm} = \frac{(\text{Costo unitario Pm}) (\text{Sup. real afectada})}{1}$$

## 2. Pérdidas en la producción resinera (Pr).

### ❖ □ Datos básicos

- Superficie real afectada de arbolado adulto en producción de resina.
- Costo por Kg. de resina.
- Producción de resina promedio por Ha.

### ❖ □ Obtención del costo unitario por Ha. de las Pérdidas en la producción resinera (Pr).

Costo unitario de Pr = (Costo kg. Resina) x

(Producción promedio por Ha. de resina).

### ❖ Obtención del valor económico de las pérdidas en la producción resinera (Pr). Pr = (Costo unitario de Pr) (Has. Reales afectadas).

## 3. Pérdidas en la producción de semillas forestales (Ps).

### ❖ □ Datos básicos.

- Superficie real afectada de arbolado adulto en producción de semilla.
- Costo por Kg. de semilla.
- Producción promedio por Ha. de semilla.

### ❖ Obtención del costo unitario por Ha. de las pérdidas en la producción de semillas forestales. Costo unitario de Ps = (costo del kg. de semilla) x

(Producción promedio por Ha.)

Obtención del valor económico de las pérdidas en la producción de semillas Forestales.

Ps = (costo unitario de Ps) (Ha. Reales afectadas)

## 4. Otras pérdidas en productos forestales (Po) que son:

- ❖ Aquí se incluye cualquier otro producto que se obtenga del estrato de arbolado adulto, como puede ser el corcho, látex, frutos, etc.
- ❖ □ El procedimiento del cálculo sería igual que el realizado en los rubros anteriores.

Po = (costo unitario de Po) (Ha. Reales afectadas).

## 5. Determinación del valor económico de los daños originados por los incendios en el arbolado adulto (Daa).

Daa = Pm + Pr + Ps + Po

## ii. Estimación del valor económico de los daños en el renuevo (Dr).

Pérdidas en latizales (Pl).

- ❖ □ Datos básicos.
- Superficie real afectada de latizales.
- Costo por Ha. de reforestación.
- ❖ □ Obtención del valor económico de los daños ocasionados en los latizales (PI).

$$PI = \frac{(\text{costo de reforestación/Ha.}) (\text{Superficie afectada de latizales})}{(\text{Producción promedio por Ha. de resina})}$$

## 2. Pérdidas en la producción de árboles de navidad (Pn)

- ❖ □ Datos básicos.
- Superficie real afectada con producción en árboles de navidad.
- Producción promedio por Ha.
- Costo promedio de venta de un árbol de navidad.
- ❖ □ Obtención del costo unitario/Ha. de las pérdidas en la producción de árboles de navidad.

Costo unitario.

$$\text{de Pn} = \frac{(\text{Produc. Promedio/Ha. de árboles de navidad}) \times (\text{Costo promedio de un árbol de navidad})}{(\text{Costo promedio de un árbol de navidad})}$$

Obtención del valor económico de las pérdidas en la producción de árboles de navidad.

$$Pn = \frac{(\text{Costo unitario de Pn})(\text{Ha. reales afectadas})}{(\text{Costo unitario de Pn})}$$

## 3. Determinación del valor económico de los daños en el estrato de renuevo (Dr).

$$Dr = PI + Pn.$$

### iii Estimación del valor económico de los daños en el estrato de arbustos (Da).

- ❖ □ Este dato se tomará únicamente cuando se obtenga un valor comercial de este estrato, por ejemplo. tutores para la agricultura, leñas, escobillas, etc.
- ❖ □ Datos básicos.

Superficie real afectada.

- Costo promedio del producto.
- Producción promedio por Ha.
- Costo unitario =  $(\text{Producción promedio/l la.}) \times (\text{Costo unitario del producto})$
- Obtención del valor económico de los daños en el estrato de arbustos (Da)
- $Da = (\text{costo unitario del producto}) (\text{Ha. reales afectadas})$

- ❖ Si el estrato no tiene un valor comercial, se le dará un valor cualitativo de ALTO, MEDIO o BAJO, según su contribución a la conservación del medio ecológico.
- iiv. Estimación del valor económico de los daños en el estrato de pastizales (Dp)
  - ❖ La afectación de pastizales se da en el corto plazo en la falta de pastos en forma inmediata y a mediano y largo plazo en la pérdida del potencial alimenticio y de las especies que gustan al ganado.

Datos básicos.

- Costo promedio de arrendamiento de una Ha. de pastizal.
- Ha. reales afectadas.
- ❖ Obtención del costo de los daños en pastizales (Dp).
- $Dp = (\text{costo promedio de arrendamiento de una Ha. de pastizal}) (\text{Ha. Reales afectadas})$
- v. Fórmula para estimar el valor económico de los daños (DT) ocasionado por los incendios forestales.

- $DT = Daa + Dr + Da + Dp$
- Dónde:
- $DT = \text{Valor económico de los daños ocasionados por los incendios forestales.}$
- $Daa = \text{Valor de los daños en arbolado adulto.}$
- $Dr = \text{Valor de los daños en el renuevo.}$
- $Da = \text{Valor de los daños en los arbustos.}$
- $Dp = \text{Valor de los daños en pastizales.}$

C. Cuantificación de los gastos en las tareas de prevención y combate (GE)

- Cuantificación de los gastos de operación y de servicios personales de las acciones de prevención y combate de incendios forestales, durante la campaña y donde incluye apoyos de tipo oficial.

a) SERVICIOS PERSONALES

- Remuneraciones al personal de carácter permanente.
- Remuneraciones al personal de carácter eventual.
- Remuneraciones adicionales)' especiales.
- Pagos por concepto de seguridad social.

b) GASTOS DE OPERACIÓN.

- Materiales y suministros.
- Servicios generales.

- Bienes muebles e inmuebles.

D. Diferencia entre los daños totales y los gastos erogados (DT-ge)

DIFERENCIA DE RENTABILIDAD = Dt - Ge

La tendencia debe ser, buscar un punto de equilibrio entre el costo de atención de los incendios y lo que se está dispuesto a perder por estos siniestros.

- Estimación del valor económico de la superficie salvada
- a) Costo del daño por Ha.=  $\frac{Dr.}{Ha. afectadas}$
- b) Total de la superficie afectada.
- ❖ □ Estimación de manera práctica por el personal operativo tomando en cuenta cada incendio.
  - Conocimiento de la zona.
  - Hora de inicio y liquidación.
  - Material que se quemó y por arden.
  - Barreras naturales.
  - Estado del tiempo.
  - Velocidad de propagación del incendio.
- c) Estimación del costo de la superficie salvada.

Supo Salvada = (costo del daño por Ha.) + (total de Ha. salvadas)

□

## ❖ GRAFICA DE RENTABILIDAD

El punto de equilibrio, se obtendrá cuando los gastos de atención sean igual a los daños ocasionados por los incendios forestales y consecuentemente el valor económico de la superficie salvada aumentada.

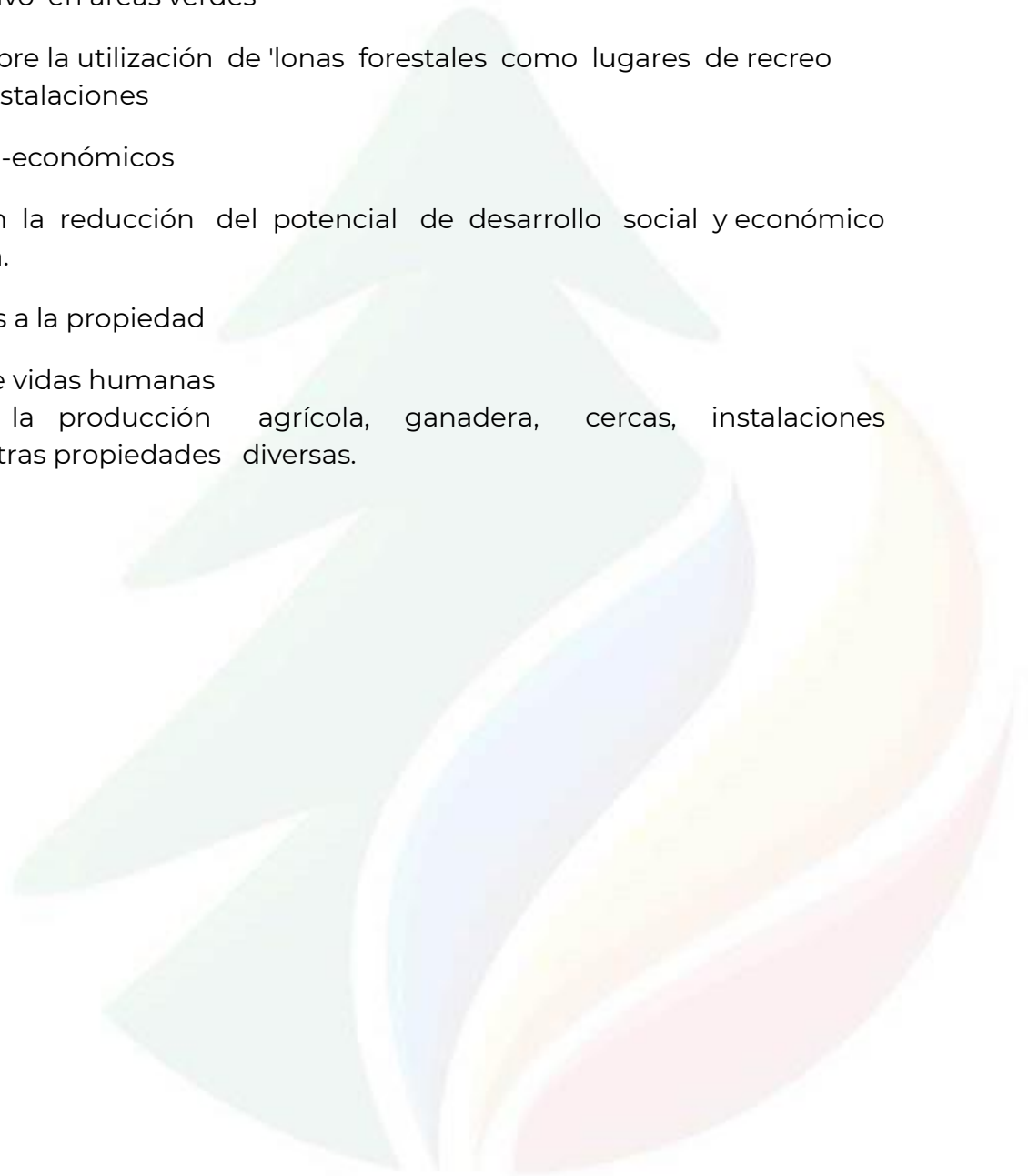
1.2. Procedimiento para calificar el valor ecológico de los daños.

1. Valor de las cuencas hidrográficas.
2. Valor de la fauna silvestre.
3. Valor recreativo en áreas verdes.
4. Valores socio-económicos.
5. Otros valores a la propiedad.

Considerando la complejidad del papel protector y regulador de los recursos forestales y los múltiples servicios que estos ofrecen, sólo se puede llegar a determinar de manera cualitativa, si existió algún daño o afectación por los incendios a esos bienes de manera indirecta.

❖ Identificando el grado de afectación en alto medio y bajo referido a:

- 2.1 Valor de las cuencas hidrográficas
  - □Daños por inundación, erosión y sedimentación
  - □Efectos sobre la retención e infiltración de agua
  - □Efectos sobre el suelo
- 2.2 Valor de la fauna silvestre
  - □Pérdidas de animales silvestres
  - □Efectos sobre su medio ambiente
- 2.3 Valor recreativo en áreas verdes
  - □Efectos sobre la utilización de lomas forestales como lugares de recreo
  - □Daños a instalaciones
- 2.4 Valores socio-económicos
  - □Efectos en la reducción del potencial de desarrollo social y económico de la región.
- 2.5 Otros valores a la propiedad
  - □Pérdida de vidas humanas
  - □Daños a la producción agrícola, ganadera, cercas, instalaciones rurales y otras propiedades diversas.



## 5.- DETERMINACIÓN DE EVIDENCIAS Y CAUSAS EN INCENDIOS FORESTALES

### 5.1.-BASE DE DATOS CONOCIMIENTO DE CAUSAS.

#### CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS.

Las causas de los incendios forestales, se dividen en dos tipos:

Estructurales: Son las que dependen de factores intrínsecos del propio medio natural, es decir, condiciones permanentes, ecológicas y sociales.

Inmediatas: Las que derivan de comportamientos antrópicos o de gentes naturales.

#### **Causas estructurales.**

- Son de difícil modificación, a veces imposible, se pueden mencionar las siguientes:
- □Características climáticas: Sequías, altas temperaturas estivales, fuertes vientos.
- □Alta inflamabilidad de las especies vegetales asociadas a la cuenca mediterránea, tanto las de procedencia natural como las introducidas por el hombre.
- □Gran acumulación de cargas de combustible, a consecuencia de haber disminuido los volúmenes de extracción, por el cambio en los hábitos de la población rural.
- □Uso extendido del fuego como herramienta tradicional en los trabajos agrícolas y ganaderos que, empleado incorrectamente, ocasiona la aparición de incendios (quema de pastos, rastrojos, residuos agrícolas).
- □La asistencia masiva de población durante la época estival que, con carácter de esparcimiento se reúne en las zonas forestales y emplean negligentemente el fuego.
- □El desconocimiento de la población de origen urbano sobre la especial fragilidad de los ecosistemas forestales ante un uso indebido del fuego, así como del conjunto de beneficios, tanto indirectos como directos, que la presencia del medio natural revierte sobre el desarrollo vital de las personas.
- □Deficiente espíritu conservacionista de la población rural, consecuencia de la dificultad de entendimiento entre los intereses forestales, agrícolas y ganaderos, así como desconocimiento generalizado del beneficio que proporciona la cubierta vegetal estable.



- □ Las características topográficas, que con fuertes pendientes y relieves abruptos, facilitan la propagación de los fuegos.
- □ Estacionalidad del fenómeno que impide, en algunos casos, el establecimiento permanente de estructuras especiales para su combate.
- □ Dispersión territorial de las zonas de peligro, lo cual encarece las inversiones de los sistemas de defensa y merma su eficacia.

## **Causas inmediatas.**

Los incendios forestales originados por agentes naturales o derivados de comportamientos humanos son de tres tipos:

### TIPO I. Originados por rayos

Son consecuencia de las tormentas secas, muy comunes durante el verano.

### TIPO II. Originados por negligencias

Son los producidos por descuidos y actuaciones que no persiguen la aparición del incendio forestal. En líneas generales son los originados por causas atribuibles a negligencias tales como:

- □ Quemados de pastos.
- □ Quemados en fincas forestales.
- □ Quemados en fincas no forestales.
- □ Explotaciones forestales.
- □ Hogueras para comidas, luz y calor.
- □ Quemados de residuos procedentes de trabajos silvícolas,
- □ Fumadores.
- □ Quemados en basureros.
- □ Originados por máquinas agrícolas o forestales.

### TIPO III. De origen Intencionado

Con carácter general podemos considerar que las venganzas y rencillas, por múltiples motivaciones, acaban manifestándose a través de incendios forestales. Entre las motivaciones más comunes cabe citar los provocados:

- □ Para ahuyentar animales que originan daños en cultivos y ganadería.
- □ Para expresar la disconformidad por el acotamiento de la caza.
- □ Intencionados para obtener caza.
- □ Por la disminución de las inversiones públicas en las zonas forestales.
- □ Para forzar los salarios derivados de la extinción y posterior generación de jornales para los trabajos de restauración.
- □ Como respuesta a las limitaciones y a los criterios de gestión tuteladora derivada de las declaraciones de Espacios Naturales Protegidos.

- □ Por pirómanos, delincuentes y contrabandistas, bien por venganza entre ellos, o para distraer la atención de la policía.
- □ Por agitadores en busca de malestar y disconformidad social o política.

La complejidad que se desprende de lo indicado anteriormente, no hace fácil la obtención de resultados favorables únicamente con la aplicación de programas de planificación de la defensa contra incendios forestales, ya que los componentes que gobiernan este fenómeno están afectados por motivaciones de índole humana cuyas posibles correcciones son el resultado, a largo plazo, de campañas permanentes de educación ciudadana, concienciación de la magnitud del problema y de la conciliación de intereses en cada zona y para su causa concreta.

## **LA INVESTIGACIÓN DE CAUSAS.**

Para conocer la causa que ha provocado un incendio forestal es preciso localizar su origen, ya que en sus proximidades se encuentran las pruebas del mecanismo o hecho que lo ha iniciado. La investigación que nos va a permitir llegar hasta él, se basa en la reconstrucción de la evolución del incendio a través del análisis de la dinámica del fuego en el medio natural. Por tanto el investigador debe asimilar y utilizar los conocimientos relativos al comportamiento del fuego en el incendio forestal que se presentan en el capítulo 2.

Una vez localizado el punto de inicio, con la ayuda de Método de las Evidencias Físicas que se describe en el capítulo 3, y gracias a la interpretación de la información que proporciona será posible clasificar la causa que provocó el incendio.

## **EL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN EL INCENDIO FORESTAL.**

El fuego es resultado del proceso químico denominado combustión. Este fenómeno se produce cuando a un material combustible se le aplica calor en presencia de oxígeno. En nuestro entorno de trabajo los combustibles están representados por la cubierta vegetal, mientras que el oxígeno se encuentra en el aire en una proporción en volumen del 21 %. El factor que falta para provocar la combustión, el calor, puede provenir de un hecho natural o antrópico.

## **LOS COMBUSTIBLES FORESTALES.**

Se define como combustible toda materia de origen vegetal que puede arder.

Evidentemente la materia vegetal es siempre combustible, sin embargo su inflamabilidad varía con el contenido de humedad.

Las características de los combustibles dependen de:

Exposición. Los combustibles que se encuentran en exposición de umbría tendrán un mayor grado de humedad que los situados en las solanas.

La altitud sobre el nivel del mar. La altitud es un factor determinante del desarrollo de la vegetación. Generalizando podemos señalar que la cantidad de combustible disminuye al aumentar la altitud.

La latitud. Oye determina fundamentalmente el clima y por tanto el tipo de vegetación (combustible) que se desarrolla en el área.

El clima. Regula las condiciones ambientales, como son el régimen hídrico y la temperatura, y por tanto la cantidad de materia vegetal que puede existir.

El suelo. Sobre él crecerán distintas especies, según las características edáficas que lo identifiquen.

La edad de la vegetación (densidad y especie). Determinan en gran medida las características del combustible, que estudiaremos posteriormente.

Actividad y manejo anterior. Es decir, el aprovechamiento que se haya efectuado sobre la masa determinará la cantidad de combustible existente.

Desde el punto de vista de los incendios forestales, se establece una primera clasificación, según la vitalidad de los combustibles y su ubicación en el terreno.

Según su vitalidad, estos pueden ser:

Muertos: - Ramas caídas

- Hojas secas

- Pasto seco, etc.

Vivos: - Hierbas

-Matorrales

-Arbolado

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. Todos aquellos combustibles que se encuentran por debajo de 1,5 de altura sobre el suelo.

Aéreos: Ramas, follaje, musgo, etc., que se encuentra por encima de 1, 5 m de altura sobre el suelo.

## **Principales características del Combustible.**

Para poder describir adecuadamente los combustibles presentes en un lugar concreto, no sólo hay que tener en cuenta la clasificación de éstos en cuanto a vitalidad y ubicación, sino otra serie de características, que van a influir en su

combustibilidad, y en definitiva en el comportamiento del incendio que los pudiese afectar.

Las características principales del combustible son ocho:

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

## Cantidad

Se mide por la carga o peso de combustible seco por unidad de superficie ( $\text{Kg./m}^2$ , toneladas/Ha). Cuanta más cantidad exista, el incendio arderá con mayor intensidad. Aproximadamente, cuando el combustible disminuye a la mitad, la intensidad se reduce a la cuarta parte.

La cantidad de combustible varía bastante de un tipo de vegetación a otro, así tenemos:

Desierto: 0-3 t/Ha

Pasto y arbustos: 2 a 12 t/Ha

Matorrales: 20-100 t/Ha

Desechos de bosque: Raleos 70 t/Ha. Explotación Hasta 250 t/Ha.

## Tamaño y forma

El tamaño del combustible es importante ya que nos da la relación entre el área superficial de la partícula y su volumen. Por ejemplo un cubo de madera de un metro cúbico tiene seis caras de un metro cuadrado cada una, entonces el área superficial suma seis metros cuadrados. Su relación entre el área superficial y el volumen es igual a  $6 \text{ m}^2/\text{m}^3$ .

Si partimos el cubo por la mitad, el volumen total no cambia, pero sí aumenta el área superficial. Ahora la relación área superficial/volumen será de  $8 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , y por tanto mayor.

Algunos ejemplos interesantes de la relación área superficial/volumen son:

- Ramilla de 13 mm de diámetro:  $308 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Acículas de pino:  $5.600 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Pasto:  $6.000 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Toda el agua y el calor pasan por el área superficial. Se sabe que los combustibles finos tienen una alta relación área/volumen, por ello tendrán una superficie mayor a través de la cual:

- Absorben o expelen el agua cambiando rápidamente su humedad.
- Absorben calor desde los combustibles ardientes adyacentes. De esta forma alcanzarán más rápidamente su temperatura de ignición.

Los combustibles finos no sólo entran en ignición más fácilmente, sino que también arden muy deprisa y se suelen quemar casi por completo.

## **CLASIFICACION DEL COMBUSTIBLE EN FUNCION DE SU TAMAÑO**

Finos o ligeros < de 5 mm de diámetro. Hojarasca, pasto, capa de descomposición, acículas de pino.

Regulares 5 - 25 mm de diámetro. Ramillas, tallos pequeños (arbustos).

Medianos 25 - 75 mm. Ramas

Gruesos o Pesados > de 75 mm de diámetro. Fustes, troncos, ramas gruesas

Según esta clasificación, las partículas de una categoría dada ocasionan efectos semejantes en el comportamiento del incendio. Para evaluar esta influencia que ejerce el tamaño del combustible, es imprescindible saber la cantidad existente en cada categoría de tamaño.

La forma del combustible determina en gran medida la facilidad de este para volar en forma de pavesas y originar focos secundarios del incendio.

## **Compactación**

Es el espaciamiento entre las partículas del combustible. Dentro de una cantidad de combustible, determina que porcentaje son partículas combustibles y que porcentaje es el aire que se encuentra entre ellas. Un combustible más compacto, tendrá menos cantidad de aire entre sus partículas, mientras que uno menos compacto, tendrá mayor cantidad de aire o de espacio entre las partículas que lo componen.

Por tanto la compactación afecta a:

La velocidad de secado: Cuanto más espacio o aire haya, los combustibles se secan más rápidamente y viceversa.

La velocidad de propagación: Al tener más aire, el fuego tiene más oxígeno para propagarse con mayor rapidez.

Continuidad horizontal:

# Programa de Manejo del Fuego

Es la distribución de los combustibles en el plano horizontal, factor principal en la propagación de un incendio, que va a definir hacia donde se propagarán las llamas e influirá en la velocidad que alcance éste. Existe gran variedad de condiciones de continuidad, sin embargo bastará con reconocer dos clases:

Uniforme: No hay interrupción en el combustible. Las llamas se propagarán sin barreras.

No uniforme: El combustible se encuentra de forma dispersa. Está rodeado de un área despejada o con vegetación no inflamable.

Continuidad Vertical:

Es la distribución de los combustibles en el plano vertical. Influye en la probabilidad de que el fuego se transforme en un incendio de copas. Si los combustibles se encuentran en forma escalonada, hay gran continuidad vertical. Por el contrario si el combustible está bien podado) además se limpia el monte de desechos, no hay continuidad vertical.

Su existencia produce la propagación del fuego a los distintos estratos. Un fuego superficial o incluso de subsuelo puede convertirse en aéreo, originándose un coronamiento (ignición esporádica de la copa de algún árbol) o un fuego de copas, cuando el viento, la topografía y la continuidad de las copas del arbolado, sean favorables a este fenómeno.

Densidad de la madera:

Afecta a la capacidad calorífica, es decir al poder de la madera para absorber o ceder calor sin variar su temperatura.

La madera más densa, como por ejemplo la del roble, antes de encenderse absorbe más calor que una madera más liviana como la de pino.

Los combustibles con muy poca densidad, como los troncos y tocones podridos, tienen una capacidad calorífica muy baja. Por lo tanto no necesitan absorber mucho calor para que suba la temperatura hasta el punto de ignición, encendiéndose con mucha facilidad mediante una fuente de calor poco intensa.

Sustancias químicas:

Algunos combustibles contienen ciertos materiales volátiles junto con la celulosa. Estas sustancias químicas, tales como aceites, ceras y resinas, hacen que el combustible que las contiene esté disponible bajo condiciones que no permiten arder a otros que no las poseen.

Las sustancias químicas pueden afectar a la intensidad lineal del fuego, la dificultad para realizar la liquidación, la velocidad de propagación, etc. Cuanto más alto sea el contenido en sustancias de este tipo, mayores serán la intensidad lineal y velocidad de propagación del incendio.

Humedad del combustible:



Este es, quizá, el factor más importante a la hora de evaluar los combustibles. Influye en la probabilidad de que se inicie un incendio y en el comportamiento que este adoptará una vez que se haya producido.

Antes de que el combustible arda es necesario evaporar el exceso de humedad que contiene. Por lo tanto su humedad influye mucho en la cantidad de calor requerida para encenderlo.

La humedad del combustible se define como la cantidad de agua presente en él, expresada como porcentaje de su peso seco.

$$\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco} \times 100 = \text{Humedad del combustible (\%)}$$

Peso Seco

La humedad del combustible puede variar casi desde 0% hasta más de 300%.

Los combustibles vivos, como los arbustos, árboles y pastos verdes, tienen una humedad muy elevada, de manera que pueden actuar como retardantes del incendio. Por eso la relación entre combustible vivo y muerto es muy importante cuando se producen ciertas combinaciones en ellos.

Los combustibles muertos están continuamente intercambiando humedad con el medio ambiente. Este proceso depende en gran medida de la humedad relativa del aire, de forma que siempre están tendiendo hacia la humedad de equilibrio higroscópico, que es la máxima humedad que puede alcanzar una partícula de combustible en un ambiente determinado.

La rapidez con que una partícula alcanza el contenido de humedad de equilibrio se denomina tiempo de retardo. Este es el periodo requerido para perder aproximadamente el 63% de humedad, o 2/3 de la diferencia entre el contenido de humedad actual o inicial y el contenido de humedad de equilibrio. Este tiempo depende principalmente del tamaño o grosor (es decir de la relación área superficial/volumen) de la partícula. Por experiencia se sabe que tarda más en secarse un tronco mojado que una hoja saturada.

En resumen, los combustibles ligeros llegan más rápidamente a estar en equilibrio con su ambiente que los más gruesos.

## **CLASIFICACION DEL COMBUSTIBLE POR TAMAÑO Y TIEMPO DE RETARDO**

CATEGORÍA DE TAMAÑO (mm)	TIEMPO DE RETARDO
Finos o ligeros: < 5	1 HORA
Regulares: 5-25	10 HORAS
Medianos: 25-75	100 HORAS
Gruesos o Pesados: >75	1000 HORAS



Los combustibles finos ganan y pierden humedad muy fácilmente. En contraste los gruesos son más lentos en este aspecto. Esto explica la razón por la que se puede dar un grave incendio en pasto unas pocas horas después de haber llovido. También es el motivo por el cual los troncos arden con mucha intensidad por la noche, mientras el pasto está demasiado mojado por el rocío.

El contenido de humedad del combustible varía mucho según las horas del día, y de un lugar a otro. En general, disminuye a lo largo de la temporada de incendios, en relación al número de días sin lluvias.

Los combustibles muertos se secan debido a las altas temperaturas y pocas lluvias. Se ha determinado, que cuando la humedad del combustible muerto baja a porcentajes entre el 12 Y 25% está en disponibilidad para arder.

Los combustibles vivos también se secan. A medida que avanza el estío, el suelo se va secando por falta de lluvias, evaporándose el agua de las hojas de árboles y arbustos, que no se reemplaza, ya que la tierra no tiene recursos.

En época de floración los vegetales tienen un contenido de humedad superior al 300%. Durante la temporada de incendios puede bajar hasta el 80%. Cuando baja al 60% la vegetación está dispuesta a una contlagración de grandes proporciones.

Los factores que pueden ocasionar cambios en el contenido de humedad del combustible son:

1. Condición (vivo o muerto) del combustible
2. Estación del año
3. Temperatura del aire
4. Humedad relativa
5. Días sin lluvia
6. Grado de insolación (debido a su efecto sobre la temperatura y la humedad relativa)
7. Viento
8. Proximidad de combustibles ardientes
9. Exposición y pendiente (radiación recibida)

## **GUÍA PARA ESTIMAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS COMBUSTIBLES 'VIVOS' ESTADO DE DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN CONTENIDO EN AGUA (%)**

Follaje tierno, planta anual desarrollándose, al principio del ciclo de crecimiento 300.

Follaje madurando, todavía en desarrollo con turgencia plena 200

Follaje maduro, nuevo crecimiento completo) comparable al follaje perenne antiguo 100

Comienzo del reposo vegetativo y del cambio de color y algunas hojas que pueden

Haber caído del tallo 50

Completamente seco <30 Combustible muerto

## **Disponibilidad del combustible**

Cuando se produce el incendio forestal no todo el material vegetal que existe arde y se consume; rara vez los combustibles más gruesos se encuentran totalmente carbonizados. En la mayoría de las ocasiones simplemente están soflamados. Esto indica que no todo el combustible que había en el incendio se encontraba en condiciones de arder, o lo que es lo mismo, no estaba disponible.

### **Por ello distinguimos entre:**

Combustible total: Toda aquella materia vegetal que se encuentra en el lugar del incendio, ya sea viva o muerta.

Combustible disponible: Material que está en condiciones de arder y de consumirse en el incendio.

Combustible restante: Aquella fracción del combustible que no está disponible para quemarse y queda después del incendio. Probablemente no se haya quemado debido a su alta humedad (por estar vivo o mojado), por ser demasiado grande (troncos, tocones, etc.) o por estar fuera del alcance de las llamas.

### **La disponibilidad del combustible cambia según:**

La hora

La época del año

La ubicación (estrato)

El tiempo atmosférico

Las características de los combustibles

La intensidad del propio fuego

Modelos de combustibles.

Hasta el momento hemos considerado el combustible como una unidad funcional, estudiando sus características y los factores que afectan al combustible cuando se

inicia el fuego. A continuación vamos a agruparlos en modelos estructurales que permitan conocer sus características globalmente.

## Combustibilidad

Para que exista un incendio forestal no basta con que se inicie el fuego, sino que además debe haber propagación. Ésta será muy distinta dependiendo del tipo de vegetación que se esté quemando. El estudio de la propagación del incendio, en función del combustible que arde, es lo que se conoce como combustibilidad.

La combustibilidad puede analizarse por medio de modelos de combustibles estructurales identificables visualmente, en los que se puede predecir el comportamiento del fuego. Éste método, desarrollado por R.

**ROTHERMEL**, considera que los combustibles forestales pueden agruparse en trece modelos distribuidos en cuatro grupos: pasto, matorral, hojarasca bajo arbolado)' desechos de corta.

Cada modelo representa un tipo estructural de vegetación independientemente de las especies vegetales que lo compongan.

## Modelos de combustibles

Las características que hay que analizar para identificar cada modelo son:

1. Combustible potencial, que puede ser:

Pasto

Matorral

Hojarasca bajo arbolado

Desechos o restos de corta

Combustible que probablemente propagará el fuego

En una zona arbolada abierta y donde existe pasto, la hojarasca será escasa; entonces en este caso el combustible que propagará el fuego es el pasto. Por tanto debemos elegir uno de los modelos de pasto (1, 2, 3). En esta misma superficie, si la hierba está muy dispersa o no existe, el propagador sería la hojarasca y deberíamos elegir uno de los modelos de hojarasca (8,9) (ver descripción en páginas siguientes).

2. Altura y compactación general del combustible

Es la altura media y la distribución espacial del combustible.

3. Combustibles presentes y su influencia en el comportamiento del fuego

Éstos pueden ser:

□ Verdes o muertos

□ Gruesos o finos

- Sanos o descompuestos
- Existencia de ramillas, tienen o no hojas etcétera.

A continuación se efectúa una descripción de cada uno de los trece modelos de combustible.

## **GRUPO DE PASTIZALES**

### **MODELO 1**

Características del combustible. El pasto tiene una estructura fina, generalmente con una altura inferior al nivel de la rodilla, seco o casi todo muerto. Es prácticamente continuo, con muy poco matorral o arbolado presente, cubriendo menos de un tercio del área. Las praderas naturales con hierbas anuales y las dehesas, son ejemplos típicos.

Propagación. La propagación del incendio está gobernada por los combustibles herbáceos finos, que están secos o casi secos.

Comportamiento del fuego. El incendio se propagará rápidamente por el pasto seco y materiales agregados. Cantidad de combustible (materia seca) = 1-2 t/ha.

### **MODELO 2**

Características del combustible. Pastizal con presencia de matorral o arbolado claro, que cubren más de un tercio de la superficie, sin llegar a dos tercios. Combustible formado por el pasto seco, hojarasca y ramillas caídas del matorral.

Propagación. Se da a través de los combustibles herbáceos finos.

Comportamiento del fuego. Fuego superficial, la hojarasca y ramillas caídas desde el matorral o arbolado contribuyen a aumentar la intensidad del fuego. Si existen acumulaciones dispersas de combustibles, estas provocarán intensidades más altas y emisión de pavesas. Cantidad de combustible (materia seca) = 5 - 10 t/ha.

### **MODELO 3**

Características del combustible. El pasto tiene una estructura gruesa. Es espeso y alto (alrededor de 1 m.). Resulta difícil caminar a través de él. Un tercio o más del pasto debe estar encharcado son representativos de este modelo. Propagación. El elemento propagador es el pasto, se producen elevadas velocidades de propagación bajo la influencia del viento.

Comportamiento del fuego. Los fuegos en este combustible, son los de mayor intensidad dentro del grupo de "pastizales". El viento provoca que el fuego avance por la parte superior de la hierba, saltando incluso zonas encharcadas. Cantidad de combustible (materia seca) = 4 - 6 t/ha.

## **GRUPO DE MATORRALES MODELO 4**

Características del combustible. Matorral o arbolado joven, muy denso, de unos dos metros de altura. Con continuidad horizontal y vertical del combustible. Además del follaje inflamable hay abundancia de combustible leñoso muerto (ramas), sobre las plantas vivas.

Propagación. El fuego se propaga por las copas del matorral que forman un estrato continuo.

Comportamiento del fuego. Son fuegos rápidos y con grandes llamas. La presencia de material leñoso contribuye a elevar la intensidad del incendio. La humedad del combustible vivo tiene gran importancia en el comportamiento del fuego. Puede existir una densa capa de hojarasca que dificulte los esfuerzos de extinción. Cantidad de combustible (materia seca) 25 - 35 t/ha,

## MODELOS

Características del combustible. Matorral denso pero bajo, con una altura menor de 0'6 metros. Cargas ligeras de hojarasca debajo del mismo. El matorral es joven, con poco material muerto y el follaje poco volátil. La superficie se encuentra prácticamente cubierta por él mismo.

Propagación. El incendio se mueve por los combustibles superficiales, integrados por: hojarasca esparcida por el matorral, pasto y otras herbáceas del sotobosque.

Comportamiento del fuego. Los fuegos no son muy intensos, debido a que las cargas de combustible son ligeras, y la mayoría del combustible está vivo.

Cantidad de combustible (materia seca) = 5 - 8 t/ha

## MODELO 6

Características del combustible. Matorral más viejo que en el modelo anterior, alturas entre 0,6 y 1,2 metros. Los combustibles vivos son más escasos y dispersos. Un amplio rango de condiciones de matorral son cubiertas por este modelo. Aquí se pueden considerar, a los desechos de corta secos de frondosas.

Propagación. El incendio se propaga a través del follaje del matorral, que es más inflamable que en el modelo 5.

Comportamiento del fuego. Con vientos flojos, el fuego descenderá al suelo y discurrirá por la hojarasca. Se requieren vientos más fuertes (13 K/h a media llama) para que el fuego se propague por la capa de matorral. La velocidad de propagación esperada y la intensidad lineal del fuego (longitud de llamas), es de moderada a alta. Cantidad de combustible (materia seca) = 10- 1.) t/ha.

## MODELO 7

Características del combustible. Matorral inflamable de 0'6 a 1'2 metros de altura, generalmente bajo cubierta de arbolado.

Propagación. El incendio se propaga a través de la superficie del suelo y del estrato de matorral con igual facilidad.

Comportamiento del fuego. El incendio puede desarrollarse con contenidos más altos de humedad del combustible muerto que en los otros modelos, debido al alto grado de inflamabilidad de los combustibles vivos. Cantidad de combustible (materia seca) = 10 - 15 t/ha

## **GRUPO DE “HOJARASCA BAJO ARBOLADO”**

### **MODELO 8**

Características del combustible. Hojarasca en bosque denso de coníferas o frondosas. La hojarasca forma una capa compacta al estar formada por acículas cortas (< 5 cm.), como masas de *Pinus sylvestris* o por hojas planas no muy grandes, como la de *Fagus sylvatica*. La capa superficial formada fundamentalmente por hojas y algunas ramillas, existiendo poco matorral o vegetación herbácea en el sotobosque. Propagación. La capa superficial de hojarasca compactada es el agente propagador.

Comportamiento del fuego. Son fuegos superficiales, que arden con alturas pequeñas de llama. Las acumulaciones esporádicas de combustible pesado, originan llamaradas. Únicamente bajo condiciones atmosféricas adversas (temperaturas altas, bajas humedades relativas y vientos fuertes), los combustibles pueden volverse peligrosos. Cantidad de combustible (materia seca) = 10 - 12 t/ha,

### **MODELO 9**

Características del combustible. Hojarasca en bosque denso de coníferas o frondosas, se diferencia del modelo 8 en que forma una capa más esponjada y con mucho aire interpuesto. Está formada por las acículas largas de los pinos,

(masas de *Pinus pinaster*), o por hojas grandes y rizadas, como son las de los robles (*Quercus pirenaica*, *Quercus robur*, etc.) o las de los Castaños (*Castanea* sp.).

Propagación. El incendio se propaga más rápidamente por la hojarasca superficial que en modelo 8, y con una longitud de llama mayor.

Comportamiento del fuego. Los vientos de velocidad alta, producen velocidades mayores de propagación que las mencionadas anteriormente.

Esto es debido al efecto de emisión de pavesas que se produce. Las concentraciones de material leñoso muerto, provocarán la inflamación esporádica de algunas copas de los árboles (coronación), la creación de focos secundarios e incendios de copas. Los incendios de otoño en frondosas,



son ejemplos muy representativos. Cantidad de combustible (materia seca) = 7-9 t/ha.

## **MODELO 10**

### **Características del combustible**

Capa superficial con grandes cantidades de combustible muerto, que incluyen un porcentaje importante de ramas de 7'5 cm. o más de diámetro, producto de la extramadurez o de algún suceso natural (nieve, viento, etc.). Los combustibles gruesos están bien distribuidos sobre el área. Puede estar presente algún combustible vivo. La altura total del combustible es menor que el nivel de la rodilla, aunque existan algunos más altos. Cualquier tipo de bosque, puede considerarse dentro de este modelo, si existe gran cantidad de combustible pesado muerto en el suelo. Por ejemplo: bosques infectados por enfermedades o insectos, o con gran cantidad de árboles derribados en el suelo, bosques extramaduros con material leñoso caído, desechos de antiguos aclareos ligeros o cortas parciales.

Propagación. Se produce a través de los combustibles superficiales y del suelo, arden con mayor intensidad que en los otros modelos de "Bosque".

Comportamiento del fuego. El incendio de copas, focos secundarios y coronación de árboles individuales, son más frecuentes en este modelo que en los restantes. Estos incendios plantean serias dificultades en el control. Cantidad de combustible (materia seca) = 30 - 35 t/ha.

## **GRUPO DESECHOS O RESTOS DE CORTA**

### **MODELO 11**

Características del combustible. Restos ligeros (diámetro < 7'5 cm.) recientes (0 a 3 años) de tratamientos selvícolas o aprovechamientos, formando una capa poco compacta de poca altura (30 cm.). Los combustibles vivos, si existen, juegan un papel muy significativo. Estos restos provienen de operaciones de aclareo o cortas parciales, las operaciones a tala rasa producen más desechos que los indicados anteriormente. La carga de material menor de 7'5 cm. de diámetro es inferior a 25 t/ha.

Propagación. El propagador del fuego son los desechos, pero debe existir hojarasca y materiales finos que ayuden a conducir el fuego.

Comportamiento del fuego. El incendio será muy activo en los desechos y en el material fino (hojas, ramillas, hierba) mezclado. El espaciamiento del combustible (de carga ligera), la sombra de las copas o la edad de los combustibles finos contribuyen a limitar la intensidad del fuego. Cantidad de combustible (materia seca) = 25 - 30 t/ha.



## MODELO 12

Características del combustible. Desechos que cubren totalmente el terreno (carga más grande que en el modelo 11). Es posible que existan algunas zonas del suelo desnudo o cubierta ligeramente. La altura media de los restos es de 0'6 m, y no se encuentran excesivamente compactados.

La mitad de las hojas pueden estar adheridas a las ramas (pero no secas). Los combustibles vivos, si existen, no se espera que afecten al comportamiento del fuego. La impresión visual es que dominan los desechos de menos de 7'5 cm. de diámetro. La carga total es de menos de 80 t/ha. Rodales de coníferas con aclareos fuertes, cortas ha hecho y cortas parciales intensas, se encuentran representadas en este modelo.

Propagación. El propagador son los restos, que conducen el fuego rápidamente y con alta intensidad, siendo capaces de generar pavesas.

Comportamiento del fuego. Cuando el incendio comienza, se propaga de forma continua hasta encontrar una barrera cortafuego o un cambio en el tipo de combustible. Cantidad de combustible (materia seca) = 50 – 80 Tm/ha.

## MODELO 13

Características del combustible. Los desechos forman una capa continua (carga más pesada que en el modelo 12), no excesivamente compactada y con una altura media de 1 m. La mitad de las hojas están todavía adheridas a las ramas y son verdes. Los combustibles vivos no afectan al comportamiento del fuego. La carga de desechos está dominada por material de diámetro superior a 7,5 cm. Los desechos de menos de 7'5 cm de diámetro representa el 10 % de la carga total, que puede exceder de las 450 t/ha. Cortas ha hecho o parciales en masas maduras y sobre maduras se pueden incluir aquí.

Propagación. El incendio discurre por la capa de desechos. Se propaga rápidamente por los combustibles finos y la velocidad disminuye cuando los combustibles gruesos comienzan a arder.

Comportamiento del fuego. Se producen incendios de gran intensidad, en los que las llamas duran mucho tiempo) se generan pavesas de distinto tamaño, contribuyendo a la creación de focos secundarios cuando las condiciones atmosféricas son desfavorables. Cantidad de combustible (materia seca) = 100-150 t/ha.

## LA COMBUSTIÓN.

La combustión es una reacción exotérmica autoalimentada con presencia de combustible en fase, sólida, líquida o gaseosa. El proceso está

generalmente (aunque no siempre) asociado con la oxidación de un combustible por el oxígeno atmosférico con emisión de luz. Normalmente, los combustibles sólidos y líquidos se vaporizan antes de arder. A veces un sólido puede arder directamente en forma de incandescencia o rescoldos. La combustión de una fase gaseosa generalmente se produce con llama visible. Una combustión confinada con una súbita elevación de la presión constituye una explosión.

Hay circunstancias en las que intervienen reactivos en los que la combustión se puede dar sin oxígeno. Así los hidrocarburos pueden "quemarse" en atmósfera de doro o el polvo de zirconio puede arder en dióxido de carbono puro.

## **Combustión del material leñoso.**

La materia vegetal (combustible), que reacciona en este proceso, está compuesta esencialmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Al aplicarle un foco de calor externo con suficiente energía para alcanzar la temperatura de ignición y en presencia de oxígeno se produce la siguiente reacción:



Donde Q es la energía.

De la energía precisa para la combustión una parte se disipa en el ambiente, provocando los efectos térmicos derivados del fuego. El resto calienta a más productos combustibles aportando la energía de activación necesaria para que el proceso continúe, originando una reacción en cadena.

En este proceso se desprende una cantidad de energía equivalente a 2772 Kcal., lo que supone 4855 Kcal/Kg de material leñoso en una combustión completa. El 15% de esta cantidad es irradiada al exterior, produciendo el calentamiento de la masa de aire y de los combustibles próximos.

El resto es calor latente de combustión, empleado por el propio material para autoalimentar la reacción y aumentar la temperatura de las fases de combustión.

## **Ignición.**

La ignición constituye el fenómeno que inicia la combustión autoalimentada. La ignición, producida al introducir una pequeña llama externa, chispa o brasa incandescente, constituye la denominada ignición provocada. Si la ignición no la provoca ningún foco externo se denomina auto-ignición.

La temperatura mínima que necesita alcanzar una sustancia para inflamarse representa su temperatura de ignición. Generalmente la temperatura de

ignición provocada en una sustancia es mucho menor que la temperatura de auto-ignición.

Para que las moléculas de combustible y oxígeno puedan reaccionar químicamente produciendo calor, hay que excitarlas de forma que alcancen un cierto estado de actividad. Esta actividad puede ser provocada por otras moléculas excitadas por una llama o chispa cercana, o elevando la temperatura general. Si la cantidad de combustible y oxígeno es suficiente y el número de moléculas excitadas es adecuado, la ignición adopta la forma de reacción en cadena, dado que la velocidad de producción de moléculas activadas supera la tasa de desactivación.

Una vez iniciada la ignición, continuará hasta consumir todo el combustible u oxidante, o hasta que la llama se apague por enfriamiento, por disminución del número de moléculas excitadas o por otras causas.

## **Fases de la combustión.**

Para describir los distintos fenómenos físicos y químicos existentes en los incendios, analizaremos en la ignición, combustión y eventual extinción de un tronco de madera en una situación típica, por ejemplo una chimenea.

### **Fase de precalentamiento**

Al aplicar un foco de calor exterior al tronco de madera, experimentará un calentamiento inicial por radiación. Conforme la temperatura superficial se va aproximando a la de ebullición del agua, la madera empieza a desprender gases, principalmente vapor de agua. Estos gases contienen muy poco o nulo vapor combustible, pero al incrementarse la temperatura y sobrepasar la ebullición del agua (100°C), el proceso de desecación avanza hacia el interior de la madera.

Al continuar el calentamiento y acercarse a la temperatura de 300°C, se aprecia una modificación del color, visualización de la pirólisis que se inicia debida a la descomposición química que surge de la materia por efecto del calor. Al pirolizarse la madera, desprende gases combustibles y deja un residuo carbonoso negro, denominado carbón vegetal. La pirólisis profundiza en la madera a medida que el calor continúa actuando.

Inmediatamente después de comenzar la pirólisis activa, la madera produce rápidamente suficientes gases combustibles como para alimentar una combustión en fase gaseosa. Sin embargo, para que surja la combustión hace falta una llama o algún foco que produzca moléculas químicamente activas en cantidad suficiente para alcanzar la ignición provocada (Fig. 7).

### **Fase de la combustión de los gases**

Una vez producida la ignición, una llama difusora cubre rápidamente toda la superficie pirolizada y evita su contacto con el oxígeno. Entre tanto, la llama calienta la superficie del tronco y produce un aumento en la velocidad de la pirólisis.

Si retiramos el foco original que proporciona el calor radiante después de producirse la ignición, la combustión continuará siempre que el material leñosos sea lo bastante fino

(> 2cm). En caso contrario las llamas se apagan, ya que la superficie del tronco pierde demasiado calor por radiación y conducción hacia el interior. Una superficie, de madera o de material aislante paralela y contigua, situada frente al tronco inflamado, puede captar y devolver gran parte de la pérdida debida a la radiación superficial, de modo que el tronco continúe ardiendo aun cuando se retire el foco inicial de calor. Lo dicho anteriormente explica por qué no podemos quemar un solo tronco en una chimenea, sino varios capaces de captar las pérdidas de calor radiante los unos de los otros.

Fase sólida o de combustión del carbón

El grosor de la capa carbonizada aumenta al continuar la combustión. Dicha capa, que posee buenas propiedades de aislante térmico, limita el caudal de calor que penetra en el interior de la madera, reduciendo la intensidad de la pirólisis hasta que no se pueda mantener la combustión de la fase gaseosa. El oxígeno del aire que entra en contacto con la capa carbonizada, facilita que continúe la combustión incandescente, siempre y cuando las pérdidas de calor radiante no sean demasiado elevadas.

## RESUMEN DEL PROCESO DE COMBUSTION

TEMPERATURA (OC)	PROCESO	FASE
<100	Secado del material leñoso, desprendimiento de vapores de agua hasta la deshidratación completa.	PRECALENTAMIENTO
100 – 270	Destilación del material leñoso, desprendimiento de gases combustibles. Emisión de CO <sub>2</sub>	
270 -350	Presencia de monóxido de carbono. Inicio de Carbón vegetal. Desprendimiento energético >300 Kcal/kg.	COMBUSTION DE LOS GASES
350-500	Continúa la combustión	
500-800	Agotamiento de los gases, combustión lenta del carbón vegetal.	COMBUSTION DEL CARBON
800-1200	Combustible completa	

## TRANSMISIÓN DEL CALOR.

La transferencia de calor determina la ignición, combustión y extinción de la mayoría de los incendios. El calor se transmite por uno o varios de los tres métodos siguientes:

1. Conducción
2. Radiación
3. Convección

## **Conducción.**

Es la transferencia de calor por contacto directo entre dos cuerpos. La cantidad de energía térmica transferida por conducción, está en función de la temperatura y de la conductancia de la zona de contacto. La conductancia depende de las conductividades térmicas, de la sección transversal perpendicular a la trayectoria de conducción y de la longitud de esa trayectoria. La magnitud de la transferencia térmica es por lo tanto, simplemente, la cantidad de calor por unidad de tiempo, mientras que el flujo de calor es la cantidad de calor por unidad de área de la sección transversal por la unidad de tiempo.

La conducción de calor a través del aire u otros gases es independiente de la presión, dentro del margen normal de presiones.

La conducción de calor no puede impedirse con ningún material termo aislante. En este aspecto el flujo de calor no puede compararse con el agua, que puede detenerse por medio de una barrera sólida.

Debido a la estructura de la materia vegetal (baja conductividad de la madera), la conducción no es una forma de transmisión del calor demasiado importante en los incendios forestales.

## **Radiación.**

En la radiación, la energía que se desplaza a través del espacio o de los materiales en forma de ondas electromagnéticas, como la luz, las ondas de radio, o los rayos X. Todas las ondas de la energía radiante circulan en el vado a la velocidad de la luz. Al tropezar con un cuerpo son absorbidas, reflejadas o transmitidas. La luz visible abarca longitudes de onda entre 0,4 y 0,7 micras (violeta al rojo). Las emisiones resultantes de un proceso de combustión ocupan principalmente la región del infrarrojo (longitudes de onda superiores a la longitud de onda del rojo). Nuestros ojos ven sólo el 10 % de la radiación emitida en el espectro visible.

En los fuegos pequeños, como por ejemplo el originado por una vela, la mayor parte del calor abandona la zona de combustión por convección. Sin embargo en los incendios de grandes dimensiones se liberan cantidades de energía aproximadamente iguales por convección y radiación.



La energía irradiada es más peligrosa porque la superficie próximas (combustibles vegetales) absorben mucha de la radiación que incide sobre ellas (entran en la fase de precalentamiento), mientras que la mayoría de la energía generada por la convección fluye a lo largo de la columna de convección creada por chorro de gases.

La energía radiante avanza en línea recta. Lógicamente el calor recibido de un foco pequeño será menor que el recibido por una superficie irradiante grande, siempre que los focos emitan la misma energía por unidad de superficie.

El calor radiante pasa libremente por los gases formados por moléculas diatómicas simétricas, como el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno, pero es absorbido por las partículas en suspensión, tales como el humo, y en bandas de menor longitud de onda, por moléculas asimétricas como el CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO y SO<sub>2</sub>. El vapor de agua y el dióxido de carbono, pueden absorber grandes cantidades de radiación a gran distancia de grandes fuegos. Esto ayuda a explicar por qué los incendios forestales son menos peligrosos los días en que hay gran humedad. Además como las gotitas de agua absorben casi todas las radiaciones infrarrojas incidentes, las nieblas o pulverizaciones de agua son atenuadoras eficaces de las radiaciones.

Cuando dos cuerpos se sitúan frente a frente) uno tiene mayor temperatura que el otro, la energía radiante pasa del más caliente al más frío hasta que los dos alcancen la misma temperatura (es decir, el equilibrio térmico). La capacidad de absorción de calor radiado está en función de la clase de superficie del cuerpo más frío. Si la superficie receptora es brillante o pulida, reflejará gran parte del calor radiante; si es negra u oscura, absorbe la mayor parte del calor. Los materiales que no son metálicos, en la práctica, resultan negros a las radiaciones infrarrojas, aunque sometidos a la radiación visible y permiten su paso con absorción mínima; sin embargo, tanto el agua líquida como el vidrio son opacos para la mayor parte de las longitudes de onda infrarrojas. El principio del funcionamiento de los invernaderos de cristal y de los paneles solares reside en que son transparentes a la radiación visible del sol, mientras que, al mismo tiempo, son opacos a la radiación infrarroja que intenta salir de ellos. Los materiales metálicos brillantes son reflectores excelentes de la energía radiante.

## **Convección.**

En un medio fluido circulante gas o líquido el calor se transmite por convección. Así, en una habitación calentada por una estufa, el calor generado es distribuido al aire inmediato por conducción. La circulación del aire caliente por toda la habitación se produce por convección, transmitiéndose a los objetos por conducción. El aire caliente se expande y se eleva, y por esta razón la transferencia de calor por convección ocurre en sentido ascendente, aunque puede conseguirse que las corrientes de aire lo transfieran por convección en

muchas direcciones, por ejemplo, utilizando un soplan te o en el caso del incendio forestal por la fuerza del viento.

Por lo tanto en el incendio forestal se distinguen dos tipos de convención:

**Convección natural:** movimiento ascendente del aire caliente debido a la diferencia de densidades.

**Convección forzada:** movimiento del aire cliente provocado por una velocidad impuesta (en este caso el viento).

La acción conjunta de la convección forzada más la natural, provoca en los incendios forestales el fenómeno de emisión de partículas en ignición, a través del aire, a cierta distancia del origen de producción. Aunque la mayoría de los textos sobre incendios no la citan como una cuarta forma de transmisión del calor, su importancia merece que se profundice en este tema para estudiarla con el suficiente rigor.

## Emisión de Partículas en Ignición

El personal de extinción sabe que el trabajo de muchas horas e incluso días para controlar un incendio, puede no dar los frutos deseados por la producción de focos secundarios, que sobrepasan la línea de defensa que tanto sufrimiento ha costado construir. A veces la emisión de estas partículas llega incluso a poner en serio riesgo la vida de los combatientes.

En todos los incendios, como consecuencia de la pirólisis, se desprenden trozos de combustible en ignición (que a partir de ahora denominaremos genéricamente como "partículas"), que pueden ser transportadas a cierta distancia de su origen.

La emisión de partículas en ignición, así como que éstas puedan provocar un nuevo foco depende de tres factores:

1. La fuente o origen de la emisión.
2. La distancia a la que pueden ser transportadas.
3. La probabilidad de ignición de los combustibles sobre los que caen.

Dependiendo de la fuente de producción de partículas, ésta puede dar lugar a varios tipos de emisión:

**Emisión a corta distancia:** Las partículas son producidas por el frente del incendio que avanza, y son transportadas a corta distancia delante de él. Cuando caigan podrán o no producir la ignición del combustible. En el caso de que se produzca la ignición, el frente alcanza al nuevo foco antes de que éste se constituya en un incendio nuevo que se desarrolla y avanza de forma



independiente. No existe un método para conocer cómo afecta esta emisión a la velocidad de propagación del frente. De todas formas, esta deficiencia no afecta demasiado a las predicciones hechas por los distintos métodos, ya que todas ellas suponen, que el combustible es uniforme y continuo. La emisión de partículas a corta distancia puede compensarse con las discontinuidades naturales del combustible.

La diferencia entre emisión a corta y a larga distancia no está muy clara, en cuanto al valor de la propia distancia, para clasificarlas en uno u otro tipo. Más bien depende de si las partículas son elevadas y transportadas a un área cercana, que previamente ha sido precalentada y que en poco tiempo es recorrida por el frente principal.

Emisión a larga distancia: Como su propio nombre indica, las partículas son transportadas más allá del frente del incendio, donde producen nuevos focos que se desarrollan y avanzan independientemente del incendio original. Existen dos formas para que las partículas puedan ser transportadas, más allá del frente de fuego y que están en función del tamaño de la partícula:

1.- Partículas pequeñas: pueden ser elevadas por una fuerte columna de convección, en donde son suspendidas por el viento predominante hasta iniciar su caída. Las partículas pueden ser elevadas desde uno o más árboles que el fuego haya coronado, a través de una acumulación de combustible superficial que produzca suficiente convección vertical para elevar la partícula, o por un remolino o torbellino de fuego. La baja densidad de las partículas hace que puedan ser arrastradas a largas distancias, pero lo más probable es que apaguen antes de alcanzar el suelo.

2.- Partículas de gran tamaño: pueden ser elevadas por un remolino de fuego y ser enviadas fuera del área del incendio. El tamaño de estas partículas puede alcanzar los 7 cm de diámetro y un metro de longitud, cuando la energía del remolino es grande. Se forman en días de gran inestabilidad atmosférica y en presencia de una zona de bajas presiones, como la que constituye un incendio forestal. Las partículas, que tienen forma redondeada son transportadas hasta el vértice del remolino y depositadas sobre la superficie cuando éste pierde energía.

## **PROPAGACION DE LOS INCENDIOS FORESTALES**

Para que se produzca el incendio forestal se necesitan la conjunción de una serie de circunstancias que favorezcan el inicio y la posterior propagación del mismo. Estas son: Suficientes combustibles finos, vivos y muertos, con una distribución espacial continua.

Combustibles con un contenido de humedad bajo, que acelera la velocidad de propagación.

Presencia de un medio de ignición: el calor.

En función de la distribución del combustible la propagación será:

- Subterránea: cuando el fuego se encuentra debajo de la superficie.
- Superficial: cuando el fuego se encuentra sobre la superficie.
- De copas: cuando el fuego se propaga por las copas del matorral o los árboles.

El desarrollo y tamaño del incendio vendrán condicionados por los factores externos, como la meteorología (viento, humedad, temperatura) y topografía (pendiente), que así mismo podrán dificultar la eficacia de las tareas de extinción.

## Inicio del incendio.

El inicio del incendio está determinado por la inflamabilidad del combustible, que varía con el contenido de humedad del mismo, y es el tiempo transcurrido hasta la emisión de gases inflamables, cuando el combustible es sometido a la acción de un foco de calor externo constante. La temperatura de inflamación es aquella en la cual los vapores emitidos por el combustible se inflaman por la acción del foco de calor externo. Esta temperatura oscila entre los 250 °C y los 450 °C, ya que depende mucho del contenido de humedad del combustible.

Se ha establecido mediante ensayos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), listas comparativas de la inflamabilidad de las especies mediterráneas.

## Clasificación de especies vegetales según su inflamabilidad

### Especies muy inflamables todo el año

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Calluna vulgaris</li><li>• Erica arbórea</li><li>• Erica australis</li><li>• Erica herbácea</li><li>• Erica scoparia</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Phillyrea angustifolia</li><li>• Pinus halepensis</li><li>• Quercus ilex</li><li>• Thymus vulgaris</li></ul> |
|--|--|

### Especies inflamables solo en verano

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Anthyllis cytisoides</li><li>• Cistus ladaniferus</li><li>• Genista falcate</li><li>• Pinus pinaster</li><li>• Quercus suber</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Rosmarius officinalis</li><li>• Rubus idaeus</li><li>• Stipa tenacísima</li><li>• Ulex parviflorus</li><li>•</li></ul> |
|--|--|

### Especies moderadamente o poco inflamables

- *Arbustus unedo*
- *Cistus albidus*
- *Cistus salvifolius*
- *Erica multiflora*
- *Juniperus oxicedrus*
- *Olea europea*
- *Quercus coccifera*

## **Tetraedro del fuego.**

La representación gráfica del proceso que da inicio al incendio forestal (y a cualquier otro tipo de incendio) se conoce como tetraedro del fuego. Esta concepción añade una nueva dimensión al concepto clásico del triángulo del fuego: los mecanismos que originan la reacción en cadena.

De la energía precisa para la combustión una parte se disipa en el ambiente, provocando los efectos térmicos derivados del fuego. El resto calienta a más productos combustibles aportando la energía de activación necesaria para que el proceso continúe, originando una reacción en cadena.

### **2.4.3. Propagación del incendio.**

La propagación del incendio es la forma en que se transmite el calor a los combustibles cercanos, provocando la ignición de éstos, de forma que aportan una mayor energía a la reacción de combustión.

La velocidad de propagación es aquella con que avanza el frente de reacción, es decir, la velocidad con que se mueve el fuego en la zona que separa la parte no destruida por la pirólisis, de los productos de la reacción.

Según sea la velocidad de propagación existen cuatro tipos de combustión:

**Oxidación lenta:** La energía desprendida es disipada al medio sin producir aumento local de la temperatura.

Ej.: La oxidación del hierro, amarilleado del papel.

**Combustión simple:** La velocidad de propagación es menor a un metro por segundo y apreciable visualmente.

Ej. Incendio forestal.

**Combustión deflagrante:** La velocidad de propagación es superior a 1 m/seg. e inferior a la velocidad del sonido en el medio.

**Combustión detonante:** La velocidad de propagación es superior a la velocidad del sonido en el medio.

Las dos últimas se corresponden con mezclas químicas de líquidos y gases, explosiones, etc. Aunque en algunos incendios forestales especialmente intensos, se pueden producir combustiones de flagrantés.

## **Propagación del fuego en superficie**

Un fuego que se inicie en condiciones estables, esto es, sin viento, en terreno llano y con combustibles uniformes y continuos; tendrá una propagación en forma circular, ya que el calor se transmite a todos los puntos equidistantes por igual debido a la radiación. Una llama genérica trasmite calor por radiación en forma de 'V', dependiendo de la diferencia de temperaturas y de la composición de la materia combustible.

## **Efecto del viento**

El viento produce una inclinación de la llama que provoca una mayor radiación en la dirección de avance del viento y por tanto que los combustibles más próximos a ella entran antes en ignición.

A medida que el tamaño de la superficie afectada aumenta se empieza a distinguir un frente y una cola. El frente genera mayor cantidad de energía ya que la emisión de calor que se produce no es sólo por radiación, sino también por convección.

## **Efecto de la pendiente**

La pendiente, también produce una inclinación de la llama produciendo un efecto similar al producido por el viento. De forma que en la zona a favor de pendiente el calor es transmitido por radiación y convección, en mayor medida que en el lado opuesto. Esto es debido a que existe más superficie de contacto y esta se encuentra más próxima.

La acción doble de viento y pendiente acentúa aún más la mayor transmisión de calor en el frente del incendio, provocando que los combustibles que estén por encima del fuego alcancen más rápidamente la temperatura de ignición.

## **Acción conjunta de viento y pendiente**

En el desarrollo del incendio forestal, influyen además de la estructura de la vegetación, el viento y el relieve del terreno. Sin embargo la disposición de las plantas sobre el terreno frena al viento, y favorece o perturba el movimiento del aire caliente originado por el incendio.

El fuego es sostenido por los combustibles que se encuentran sobre el suelo. Por tanto, la velocidad que ha de considerarse al predecir el avance del fuego es la correspondiente a la baja altura (<2m). Sobre un incendio en un pastizal el viento no es frenado por ningún obstáculo, de forma que el incendio avanza a la máxima velocidad en función del relieve.

Aun así, el rozamiento sobre la hierba hará que el viento no supere el 60% de la velocidad que lleva en altura (por encima de 10 m) Por el contrario dentro del arbolado cerrado, el viento cae hasta el 10% de su velocidad en altura.

A media ladera, aunque el bosque este cerrado, el viento penetra más fácilmente que al pie de la misma, por lo que los combustibles del suelo deben considerarse sólo parcialmente cubiertos.

En cambio, en las cumbres el arbolado es apenas un obstáculo y los combustibles se pueden considerar expuestos.

El viento favorece en general la propagación del fuego, aunque pueda frenarla si sopla hacia lo quemado. Lo mismo ocurre con el relieve, cuando sube pendiente arriba favorece la propagación, y hacia abajo la amortigua.

De forma cuantitativa los efectos combinados del viento y la pendiente se suman y actúan favoreciendo la velocidad de propagación del incendio. La dirección de propagación que toma el desarrollo del incendio en función de la intersección de estos dos factores es la siguiente:

Si el viento sopla directamente a favor de la pendiente con una incidencia de  $\pm 30^\circ$  se suma al efecto de la pendiente.

En el caso de que el viento sea cruzado sobre la pendiente, la dirección de propagación se estima asimilando viento y pendiente a vectores, y la dirección de propagación será la resultante de esa suma de vectores.

## **Geometría del incendio**

La superficie afectada por la propagación del incendio sigue formas geométricas bien distintas en función de los factores que intervienen en la propagación:

- Combustibles
- Pendiente
- Viento

Un incendio que se desarrolle sobre terreno llano y en combustibles uniformes y continuos, la propagación seguirá una forma circular.

Cuando existe un factor (como viento o pendiente, o la acción conjunta de ambos) la forma que adopta el incendio sobre combustibles homogéneos es una forma elíptica u oval. Vientos fuertes o elevadas pendientes tienden a estirar la forma de la elipse que representa la superficie del incendio.

En base a la incidencia de los tres factores que influyen en la geometría del incendio se distinguen ocho geometrías genéricas, que permiten una buena estimación para la localización del punto de inicio del incendio forestal.

## **El Combustible en la Propagación Inicial del Fuego.**

Uno de los factores que más influyen en la producción de un incendio y la posibilidad de propagación de este en los primeros momentos, es la Humedad del Combustible Ligeramente Muerto.

Para que un combustible entre en ignición, hace falta aplicarle calor en cantidad suficiente, por lo que cuanto más húmedo esté, hará falta más calor, ya que parte de éste se gasta en evaporar esa humedad.

Cuando se produce un fuego, el combustible que arde en primer lugar es el Combustible Ligeramente Muerto, el cual además va a ser su principal propagador.

El combustible ligero muerto es aquel que pertenece a la categoría de tamaño de 0 a 5 mm, y tiene un tiempo de retardo de 1 h.

Cuando la humedad del combustible ligero muerto supera el 15 %, es muy difícil que se propague un fuego para convertirse en incendio. Si la humedad del combustible ligero muerto, está entre un 10 - 15 % aún resulta difícil esta circunstancia. La probabilidad irá subiendo según disminuya la humedad, la cual nunca bajará de un 2 %.

Hay investigaciones de incendios en las que este factor puede ser concluyente a la hora de validar un medio corno originador del incendio (por ejemplo las colillas o chispas de trenes).

El cálculo de la Humedad del Combustible Ligeramente Muerto (H.C.L.M), consta de dos partes:

1 - Toma de datos

2 - Proceso de cálculo con Tablas

1. - Toma de datos: Los datos necesarios para el cálculo, son de tipo meteorológico y fisiográfico:

- ☐ Nombre del lugar
- ☐ Temperatura en °C
- ☐ Humedad relativa del aire en %
- ☐ Mes de la medición
- ☐ Grado de sombreado o exposición del combustible
- ☐ Hora solar
- ☐ Exposición del terreno Pendiente del terreno en %

2. - Proceso de cálculo con tablas: El proceso de cálculo, se efectúa con dos tipos de tablas, la que da el dato de la HUMEDAD BASICA DE COMBUSTIBLE LIGERO MUERTO, y el resto que corrigen ésta en función de las variables del lugar (pendiente, exposición, grado de sombreado, mes y hora).



# Programa de Manejo del Fuego

Si la hora a la que vamos a calcular la H.C.L.M está comprendida entre las 20:00 y las 8:00, se utiliza la tabla número 2, cuyos datos además no necesitan corrección.

Estas tablas fueron publicadas por el ICONA en su Manual de operaciones contra Incendios Forestales, 1993.

Según se observa en el esquema de la página anterior, en primer lugar se utiliza la Tabla 1 o la Tabla 2, en función de la hora del día.

Para manejar cualquiera de estas dos tablas, se necesitan dos datos:

La Temperatura ambiente en OC

La Humedad relativa del aire en %

Una vez que disponemos de ellos, hay que buscar en el lado izquierdo el intervalo en el que se encuentre el dato de temperatura y en las columnas en la parte de arriba de la tabla, el intervalo en el que se incluye la humedad relativa obtenida.

Cruzando la fila de la temperatura con la columna de la humedad relativa, obtendremos la Humedad Básica del Combustible Ligeramente Muerto (H.B.C.L.M) o la Humedad del Combustible Ligeramente Muerto (H.C.L.M) según utilicemos la tabla 1 o la tabla 2.

Ejemplo: Con los siguientes datos obtener la lectura de la Humedad Básica del Combustible Ligeramente Muerto

(H.B.C.L.M):

Temperatura 27°C

Humedad relativa 38%

Hora: 17:30 Hora solar

Solución: Utilizarnos la Tabla 1, 5% de H.B.C.L.M

Asimismo, si hemos calculado la H.B.C.L.M, (medición que se efectúa entre las 8:00 y las 20:00 horas), deberemos calcular la corrección de este dato utilizando para ello las tablas mensuales. Para ello se siguen los siguientes pasos:

Localizar la tabla correspondiente al mes de la medición

Elegir el bloque de combustibles Expuestos o Sombreados

Determinar la exposición geográfica del terreno.

Recordar que el terreno llano se considera como exposición Sur



Determinar la pendiente del terreno

Hora solar

Cruzando los datos de exposición)' pendiente con la columna horaria que corresponda, se obtiene el factor que hay que sumar al obtenido en la Tabla 1.

Ejemplo: Siguiendo con el ejemplo utilizado en la tabla1, disponemos de los siguientes datos:

Mes de Noviembre

Combustibles sin sombra

Exposición este

Pendiente de 12 %

Hora 17:30 (al no ser una hora exacta, se elige el dato más próximo y que de mayor grado de seguridad

Solución: al dato obtenido en la tabla 1, hay que sumarle 5 de forma que para este caso la H.C.L.M. es de  $5 + 5 = 10\%$ .

Para tener una mayor facilidad de cálculo y registro de la H.B.C.L.M, se utiliza un estadillo en el que se reflejan tanto los datos del lugar de medición como los obtenidos de las tablas.

## ESTIMACION DE LA HUMEDAD BASICA DEL COMBUSTIBLE LIGERO MUERTO

NOMBRE DEL LUGAR	EJEMPLO1	EJEMPLO 2
------------------	----------	-----------

TEMPERATURA SECA	27	
------------------	----	--

HUMEDAD RELATIVA	38	
------------------	----	--

HUMEDAD BASICA DEL COMBUSTIBLE LIGERO MUERTO (Tabla 1 o Tabla 2) 5

MES NOVIEMBRE

COMBUSTIBLE EXPUESTO SOMBREADO EXPUESTO

HORA SOLAR 17:30

EXPOSICION DEL TERRENO ESTE

PENDIENTE 12

VALOR DE LA CORRECCION (Tabla Mensuales) 5

VALOR DE LA HUMEDAD DEL CMBUSTIBLE LIGER MUERTO (Sumar fila D + J) 10

## **6.- INVESTIGACIÓN DE CAUSAS QUE PROVOCAN LOS INCENDIOS FORESTALES.**

La Investigación de las causas de los incendios forestales tiene como objetivo localizar su punto de inicio, para determinar qué tipo de actividad lo ha provocado, e identificar las situaciones de riesgo que puedan hacer que este suceso se repita en el futuro en esa misma zona.

El punto de inicio se localiza a través de la lectura de los vestigios dejados por el fuego en su avance. Este proceso de investigación se denomina METODO DE LAS EVIDENCIAS FISICAS (M.E.F).

La determinación del punto de inicio nos permitirá buscar y si existen obtenerlas, pruebas materiales del medio de ignición iniciador del incendio.

Estas, junto con las evidencias físicas, humanas y las declaraciones de los testigos, hacen posible que podamos:

- a) Reconstruir la evolución del incendio desde su inicio.
- b) Conocer y clasificar la causa que lo provocó.
- c) Identificar al autor del incendio, relacionando los hechos con las pruebas y testimonios obtenidos.

La investigación de causas de los incendios es un proceso que debe seguirse escrupulosamente. El método aquí propuesto tiene, como característica principal, la objetividad. Se basa en la localización de los hechos y las pruebas halladas durante su desarrollo. Aunque en algún caso pueda convertirse en tedioso, largo o sin solución, se debe seguir sin prestar atención a conclusiones subjetivas. Se buscarán los hechos presentes, que son los que van a dar la solución del problema.

## **7.- BRIGADAS DE INVESTIGACION DE INCENDIOS FORESTALES.**

Los equipos de investigación de las causas que provocan los incendios forestales, están formados por, al menos, tres personas, las cuales tienen las siguientes funciones:

- Encargado de la prueba material: Su trabajo consiste en la delimitación del área de inicio, su validación. La determinación del punto de inicio y la búsqueda del medio de ignición.

- Encargado de la prueba personal: Su tarea principal es recoger información de los medios de extinción presentes, testigos, y circunstancias del lugar (propiedad, uso del suelo, propiedad de los colindantes, etc.)
- Coordinador: Su tarea es integrar la información material y testimonial, evaluar los indicadores de actividad, y responsabilizarse del equipo.

Los tres miembros, evalúan finalmente la información, y redactan el informe técnico de la investigación.

Tan importante como la existencia de los equipos de investigación es la de la figura de un coordinador de todos ellos, cuya misión va a ser evaluar toda la información de los incendios investigados, determinar las tendencias de causalidad, informar a los responsables de la política de incendios acerca de los resultados obtenidos, y asesorar en cuanto a las acciones a tomar para prevenir situaciones ahora conocidas, causantes de incendios.

Asimismo esta figura ha de servir de nexo entre los distintos equipos, manteniendo el nivel de conocimientos parejo, marcando las líneas de trabajo y de acción.

El perfil tipo del investigador ha de ser el de una persona capaz de controlar la tensión que se produce en un incendio forestal, dominando la situación y de desarrollar la investigación con orden y aptitud. Los profesionales de la extinción son excelentes investigadores debido a su conocimiento práctico del comportamiento del fuego en los incendios forestales.

En España estos equipos se denominan Brigadas de Investigación de Incendios Forestales (B.I.I.F) y realizan, dentro de su zona de actuación, las siguientes funciones:

1. Determinación de las causas que provocan los incendios forestales.
2. Identificación de las situaciones de riesgo, que representan un peligro potencial, y del control de las acciones tomadas para evitarlas, así como de la eficacia de estas.
3. Divulgación a la población de las técnicas de prevención más adecuadas a cada situación de riesgo concreta.

Los investigadores disponen de una serie de herramientas para realizar su trabajo, que se transportan en una pequeña maleta. Estos son:

1. Equipo meteorológico portátil
2. Banda señalizadora
3. Cuerda fina y resistente
4. Cinta métrica
5. Brújula
6. Cámara de fotos

7. Vídeo (opcional)
8. Regla de plástico o testigo de escala
9. Hojas de papel
10. Sobres
11. Lupa
12. Banderines de señalización (rojos, blancos y amarillos)
13. Regla de madera (medida aprox. 50 cm.)
14. Imán
15. Bolsas de plástico y botes de cristal para muestras
16. Pinzas
17. Navaja
18. Espátula

## 8.- PROCESO DE LA INVESTIGACION.

Para conocer porqué y quién ha provocado un incendio, se abre una investigación. Ésta comienza con la noticia misma del incendio y sigue con un complejo proceso, finalizado el cual, los investigadores podrán determinar la causa del mismo. (Fig. 16)

### Noticia del incendio.

El equipo de investigación de causas, debe permanecer en contacto permanente y directo con la red de detección de incendios forestales, siendo avisado inmediatamente de todas las alarmas que se produzcan dentro de su zona de actuación.

Una vez confirmado el incendio, se anotarán la fecha y hora del aviso, así como los datos de la persona que dio la alarma (domicilio, teléfono, etc.) Pues puede que sea el único testigo del que se disponga para interrogar.

Recogida de datos históricos y meteorológicos.

Una vez localizado el lugar donde se encuentra el incendio, se solicitarán a la central de operaciones los siguientes datos:

- □ Serie histórica de incendios en la zona y sus causas
- □ Datos meteorológicos de días anteriores y del momento del incendio

Durante el transporte al lugar de los hechos debe observarse lo que lo rodea y analizar si todo lo que se encuentra está de acuerdo con lo esperado.

Todas las observaciones realizadas de camino hacia el incendio se anotarán. Registrando lo referente a personas, accesos, vehículos, huellas, etc. también se anotarán las posibles modificaciones ocasionadas por las labores de extinción durante el primer ataque, confirmando esto con la consulta a los medios que efectuaron este trabajo.

Se tomará nota de todos los movimientos de la brigada, así como de aquellos hallazgos que sean útiles. Todas las notas tornadas durante la investigación se caracterizarán por ser:

**Legibles:** Tanto por la brigada como por cualquier persona que precise consultarlas. Deberán contener palabras completas para evitar malas interpretaciones.

**Sintéticas:** Se utilizarán frases cortas, evitándose las descripciones extensas y rebuscadas, que pueden confundir al lector.

**Descriptivas:** Se utilizarán palabras que describan con exactitud lo que se está viendo. Muchas veces conviene realizar un pequeño croquis o dibujos que acompañen a las descripciones.

**Exactas:** Las notas relativas a horas, fechas, avisos, nombres, lugares, descripciones físicas de vehículos y propiedades, condiciones atmosféricas, matrículas, DNI, etc. Deben recogerse con exactitud y venir representada su localización en un croquis.

**Discretas:** No se puede transmitir a nadie opiniones o conclusiones personales y por tanto no se incluirán nunca en las notas.

Se tendrá presente que estas notas y los informes realizados pueden ser utilizados en procedimientos judiciales, por lo que se ha de ser cuidadoso con no hacer juicios de valor. En caso necesario pedir asesoramiento a un experto en leyes y en los mecanismos judiciales.

Además es muy importante que la actitud del investigador nunca sea descuidada ni apresurada, evitando reflejos tales como fumar, tirar la colilla, mover objetos descuidadamente, tener actitudes y presencia poco profesional, etc.

Nada más producirse la llegada de la brigada de investigación al incendio, esta procederá a identificar a las personas y vehículos que se encuentran en sus proximidades del incendio y en la zona de inicio de este.

Es fundamental realizar una selección de las personas presentes, con el objeto de determinar su interés como testigos. Igualmente se entrevistará al denunciante si se encuentra en el lugar de los hechos.

**Determinación de la geometría del incendio.**

Cuando el incendio investigado es de pequeñas dimensiones, de forma que el investigador pueda observar directamente todo su perímetro, será fácil estudiarlo en su totalidad hasta determinar el área donde se inició, dentro de la cual encontraremos el correspondiente punto o puntos de inicio.

Cuando se realice este estudio, es importante tener en cuenta las barreras existentes para el incendio, la actuación de los medios de extinción, la forma del relieve, el combustible presente y las variables meteorológicas.

En caso de que haya que investigar un incendio tan grande, sólo es posible observarlo en su totalidad desde el aire, es preciso delimitar un área de estudio pequeña, donde se debe encontrar el punto de inicio.

Para conseguirlo se recurre a la determinación de la geometría del incendio. Esto consiste en asimilar el perímetro del incendio estudiado a uno de los modelos geométricos de propagación. Esto nos permite situar, aproximadamente, la zona de inicio. Para ubicarlo sobre el terreno, el encargado de la determinación de la geometría y el resto de la brigada de investigación coordinan sus movimientos a través de emisora.

Los modelos geométricos de propagación son ocho:

## **9.- MODELOS GEOMETRICOS DE PROPAGACION**

Aplicación del Método de las Evidencias Físicas

Una vez determinada la geometría del incendio, con el fin de delimitar su área de inicio, se aplica el Método de las Evidencias Físicas. Este método permite reconstruir la evolución del incendio a través de la lectura e interpretación de los vestigios dejados por el fuego en su avance. Estos, son las marcas y señales que se han producido, tanto sobre la vegetación como sobre el medio físico.

Del análisis de los vestigios se obtienen datos sobre la dirección de propagación, la intensidad calórica, y la velocidad de avance del incendio. La correcta interpretación de estos vestigios permite localizar el punto o puntos de inicio del fuego, objetivo fundamental del proceso de investigación, y del que depende el éxito de esta. En el punto se encuentra información acerca del medio de ignición y de la causa del incendio, y en sus proximidades se encontrarán pruebas físicas que podrán ser utilizadas judicialmente a la hora de relacionar el hecho con el autor.

Siempre se deben buscar vestigios completos y claros. Cuanta mayor variedad de estos se localice más fiable será el estudio.

Los vestigios que señalan el progreso de un incendio, son:

Grado de daños

Patrón de Quema

Exposición / Protección

Lascamiento



Modelos de carbonización

Escamado

Petrificación de ramas

Manchas de hollín

Color de las cenizas

Tallos de gramíneas

## **GRADO DE DAÑOS**

El grado de daños es el volumen de materia vegetal afectada por el fuego. Este vestigio será pequeño en las proximidades del punto de inicio del incendio, creciendo al alejarse de él, más o menos deprisa en función del viento reinante, de la pendiente, y de la cantidad de combustible presente.

En general el grado de daños va a servir para confirmar la dirección general de avance del fuego y obtener datos sobre su comportamiento, pero no para localizar su punto de inicio.

## **PATRÓN DE QUEMA**

Cada tipo de vegetación, dependiendo de su estado, arde de una forma determinada, ofreciendo un dibujo característico el incendio que se produce en ellas.

Examinando el patrón de quema, se podrán detectar discrepancias o zonas en la que es distinto del esperado y en las cuales puede que esté situada alguna prueba material (dispositivos de ignición, señales de rayos, etc.)

## **EXPOSICION-PROTECCIÓN**

Este vestigio se encuentra en los combustibles y objetos próximos a la zona de inicio del fuego. Se produce cuando estos han supuesto un obstáculo o pantalla al fuego y quedan marcados por el efecto del calor. Son de los más importantes y reveladores, pudiéndose encontrar en ramas caídas, piedras, matas de hierba, etc.

En pequeñas matas de gramíneas quemadas, se puede ver que en un lado de las mismas permanecen algunos tallos no quemados completamente (sobre todo por la zona de la base). Esto indica que la llama pasó primero por la zona más afectada. Si se localizan varios de estos vestigios, podremos indicar una dirección de avance de fuego.



Este mismo efecto es visible en rocas, tocones y ramas caídas, donde la zona menos afectada por el fuego, indicará la dirección de progreso del fuego.

Hay que tener en cuenta que este vestigio sólo es válido si el objeto que examinarnos no ha sido movido o alterado (una rama puede haber sido movida inadvertidamente), por lo que se debe examinar el objeto y la "cama" donde esté situado

## **LASCAMIENTO**

Se produce cuando el tallo de una planta con corteza quebradiza se calienta y se desprende, saltando en forma de placas o lascas. La corteza al perder humedad y a resquebrajarse, salta, dejando un vestigio claro. La corteza salta en el lado contrario al afectado por la fuente de calor. Este vestigio a veces no es apreciable a simple vista, pero si se pasa la mano suavemente por el tallo, se nota que el lado donde hay lascas es más áspero que el resto de la superficie

## **MODELOS DE CARBONIZACION**

Son las marcas dejadas por el fuego sobre los troncos del arbolado. Estas adoptan una forma u otra en función de la dirección de propagación, del combustible superficial, y de la dirección del viento.

Todos los fuegos son pequeños en su comienzo, en las áreas próximas al punto de inicio, cuando el fuego aún no ha alcanzado una dinámica de progresión, dejan huellas de haberse expandido fundamentalmente por radiación, y el perímetro del incendio tenderá a ser circular o levemente elíptico. Así los árboles cercanos al punto de inicio tendrán señales de carbonización iguales en altura

Si hay viento o pendiente esta llama casi estática se inclinará y marcará más a los árboles que se encuentren en la dirección hacia la que esta se tumba.

Una vez que el fuego forma el frente y la cola, la transferencia de calor al resto del arbolado, es debida a la radiación y también a la convección. Las marcas de carbonización que crea el efecto convectivo de las corrientes de aire caliente, son de forma ahusada hacia la copa del arbolado, y son más evidentes en el lado protegido del viento, que es donde se manifiesta el efecto de abrazamiento del aire caliente al arbolado.

Cuando el incendio tiene una propagación circular, las marcas de carbonización tenderán a ser simétricas desde el punto de inicio.

Cuando hay viento o el terreno está en pendiente, rápidamente se diferencian la cabeza y la cola del incendio. Además se producirá un tumbado de la llama, lo que hace que la radiación no sea simétrica, y afectará de forma característica al combustible.

Si un incendio sube por una ladera y además tiene el viento a favor, dejará marcas paralelas al perfil del terreno sobre los troncos, estando estas marcas cada vez; más altas en el fuste del arbolado, hasta finalmente alcanzar las copas. Este efecto se producirá igualmente en terreno llano, si un fuego avanza empujado por el viento.

En este caso, en el lado de los troncos opuesto al avance del fuego, será muy evidente la marca de carbonización debida a la convección.

Si el fuego avanza contra el viento o ladera abajo, esta carbonización debida a la convección es mucho menos visible. La llama tenderá a inclinarse sobre la pendiente, dejando una marca sobre los troncos paralela al terreno. Esta altura corresponderá a la de la llama. Evidentemente en el lado del tronco contrario a la dirección de avance del fuego, se producirá convección, la cual dejará una marca de altura variable, pero menos evidente que en el caso anterior

## **ESCAMADO**

Es el resultado de la carbonización profunda de la madera, lo cual produce que su superficie quede convertida en un mosaico o piel de cocodrilo de escamas negras y brillantes.

## **PETRIFICACION DE RAMAS**

Debido al calor de convección producido por el incendio, las ramas finas de árboles y matorrales adoptan un aspecto parecido al porte de una bandera. Esta petrificación es más evidente cuanto más rápido haya sido el avance del fuego

En zonas próximas al punto de inicio, el fuego afectará más a las ramas del matorral próximas a la fuente de calor, que quedarán petrificadas en dirección a esta, normalmente hacia el suelo. En este caso se observará una marca de radiación en la parte inferior de las ramillas.

## **MANCHAS DE HOLLÍN**

El hollín está formado por pequeñas partículas carbonosas sólidas que se forman como consecuencia de la combustión incompleta y de la pirólisis, sobre todo en las zonas con más combustible, cerca de la llama.

Los combustibles cuyas llamas producen cantidades importantes de hollín son generalmente más peligrosos, porque este aumenta la radiación de la llama, que influye a su vez, sobre la velocidad de la combustión. El hollín es también la

fuelle del humo que sale de la llama y puede hacer que este se difunda hasta puntos muy alejados del incendio.

Este hollín, al abandonar la llama, se convierte en humo que tiende a propagarse en la dirección en que avanzará el fuego. Si encuentra en su camino obstáculos a menor temperatura que él, quedará fijado en ellos manchándolos.

De esta forma se podrá encontrar este vestigio en rocas, troncos, cercados, muros, paredes, etc., quedando manchada la zona de procedencia del fuego, indicándonos así su origen.

## **COLOR DE LA CENIZA**

El color de la ceniza indica el tiempo que la fuente de calor ha permanecido en un determinado lugar preciso. Cuanto más blanca sea mayor permanencia habrá tenido el fuego en esa zona.

Este efecto será importante cuando se estén buscando vestigios del medio de ignición, ya que en muchas ocasiones, sus restos habrán calcinado los combustibles adyacentes, o se habrán calcinado ellos mismos hasta tomar un color blanquecino que resalta en el terreno

(por ejemplo restos de mechas y varillas de cohetes). Esto también podría considerarse una discrepancia en el patrón de quema.

## **TALLOS DE GRAMÍNEAS**

Cuando una fuente de calor afecta al tallo de las gramíneas, estas pierden su turgencia y caen hacia el lado por el que les afecta el calor y se queman por capas, produciendo un dibujo característico. Este vestigio permite identificar el estado del fuego en ese punto así como su dirección de propagación.

Los tallos de gramíneas, dejan unos vestigios muy importantes y reveladores. Son, junto con el patrón, los modelos de carbonización y la exposición/protección, los vestigios más importantes en las zonas próximas al punto de inicio del fuego.

Las gramíneas, sufren las siguientes transformaciones:

1. Si están próximas al punto de inicio del fuego)' este no tiene aún una dirección definida, sus tallos van perdiendo turgencia y cayendo hacia el punto de inicio.
2. Si el fuego adquiere potencia y comienza a desplazarse en una dirección definida, los tallos se doblarán hacia su dirección de avance, quemándose por capas, de tal forma que cada ramilla quedará seccionada en forma

de bisel, cuya parte más baja estará en el origen del fuego y la parte más alta en la zona de escape.

3. Si se pasa el dorso de la mano suavemente por una mata de hierba quemada, se sentirá una sensación de suavidad haciéndolo a favor de la dirección de avance del fuego, sensación que será de raspado si se hace en dirección contraria.

## **Delimitación del área de inicio**

Para poder aplicar el método de las evidencias físicas y localizar el punto de inicio, y por tanto el medio de ignición, es imprescindible saber interpretar el comportamiento del incendio forestal. Estos conocimientos de la dinámica del fuego en el monte, junto con la lectura de los vestigios dejados en su avance, permiten al investigador dibujar sobre el terreno el Cuadro de indicadores de dirección y sentido de la propagación, mediante el uso de unos banderines de color rojo, los cuales se colocan estratégicamente, (donde los vestigios de avance del fuego sean más claros) de forma que la punta de estos señale hacia el sentido de progresión del incendio. De esta manera se delimitará una pequeña superficie denominada área de inicio. Dentro de ella hay en muchas ocasiones la información necesaria para conocer la causa que ha provocado el incendio.

El área de inicio se delimita rodeándola con una banda de señalización. No se permitirá que nadie ajeno al equipo de investigación entre, introduzca objetos o pueda realizar cualquier actividad que la modifique.

## **Validación del área de inicio**

Una vez delimitada el área de inicio) antes de realizar su análisis pormenorizado, es preciso comprobar que su ubicación es correcta. Para ello se recurre al testimonio de los medios de extinción que actuaron en primer lugar, y al de los testigos presenciales.

Cuando coinciden estas averiguaciones con las conclusiones obtenidas por la brigada de investigación, que ha aplicado el método de las evidencias físicas, puede darse por validado el punto de inicio.

## **Determinación del punto de inicio y búsqueda del medio de ignición**

Al encontrarse en presencia de un incendio, no hay que olvidar que este ha sido provocado por alguien o algo. La misión del investigador va a ser relacionar los hechos ocurridos con el autor hallando las pruebas necesarias. Estas se encontrarán en el lugar donde se inició el incendio, siguiendo el principio que dice: " Existe un cambio siempre que dos objetos entran en contacto".

# Programa de Manejo del Fuego

La investigación no debe iniciarse precipitadamente. Antes se revisará toda la escena para obtener una perspectiva general, evitando dejarse llevar por intuiciones, que si se demuestran falsas harán perder tiempo, pruebas e incluso el prestigio profesional ante los posibles espectadores.

Para reconocer y determinar el punto de inicio, así como para localizar el medio de ignición, el área delimitada anteriormente será parcelada, utilizando cuerda, en calles de 0,5 metros de ancho y con la longitud necesaria.

A continuación se examina atentamente cada una de ellas, utilizando una regla de madera como punto de referencia. Al avanzar se examinan los vestigios y se busca algo que no concuerde con el patrón general del terreno.

También se utilizará un imán potente, para recoger restos metálicos, y una lupa para las observaciones en detalle.

Conviene aclarar el concepto de medio de ignición. Como tal se entiende al causante

Último del inicio del incendio que se está investigando. Por ejemplo, si se llega a la conclusión de que la causa de un incendio es la negligencia de unos excursionistas, se dirá que la fuente de calor que produjo el incendio fue la hoguera de estos, y el medio de ignición una pavesa de la misma.

Una vez localizado el punto de inicio, para encontrar el medio de ignición, se examinara atentamente el área próxima a este, buscando los restos materiales, o los efectos de la fuente de que permitan relacionarla con el medio de ignición (por ejemplo: un árbol rajado con un rayo), y finalmente con la causa del fuego (en el caso de ejemplo, esta es debida a una tormenta).

Los vestigios e indicadores presentes sobre el terreno permiten al investigador justificar su argumentación mediante pruebas técnicamente válidas. Sería sorprendente encontrar indicios de la presencia del sospechoso en el lugar de los hechos si este se encontraba en otro lugar. Estas pruebas permiten también comprobar los testimonios y declaraciones de los testigos.

En un incendio, las pruebas materiales son recogidas en una zona muy frágil, ya que los combustibles carbonizados son quebradizos y fácilmente eliminables. Esto impide disponer de una segunda oportunidad. Por ello el investigador dispondrá de todos los elementos necesarios para registrar y recoger las pruebas que se puedan levantar.

Cuando se localice una prueba, esta se identificará señalando su localización para evitar que sea destruida. Antes de retirarla de un lugar será fotografiada desde tres perspectivas y aproximaciones diferentes, siendo la última de detalle, y situando junto a ella un objeto que sirva de escala.

Las pruebas analizadas e identificadas se clasificarán en función de su utilidad.

Una vez identificados el punto de inicio y los indicios allí presentes, se podrá proceder a la reconstrucción de la escena del incendio y de los hechos allí sucedidos.

Establecimiento del Cuadro de Indicadores de Actividad. Prueba material

El cuadro de indicadores de actividad es el registro escrito de una serie de evidencias (tanto físicas como humanas) presentes en la zona de inicio del incendio; las cuales confrontadas entre sí, posibilitan la clasificación de la causa que lo provocó.

Durante el estudio de la zona de inicio del fuego, se deberán registrar todos los hechos presentes, con el objeto de comprobar a qué actividad o actividades se ajustan, o en su caso determinarlos como característicos de alguna actividad todavía no catalogada.

Formar el cuadro de indicadores de actividad tiene como objetivo establecer una Hipótesis sobre el origen del incendio. Para que sea válido hay que comprobar la repetición de hechos iguales, pertenecientes a la misma actividad, en muchos incendios, a fin de estar seguros de que un hecho presente en un incendio pueda ser señalado como característico de una actividad concreta.

Existe una serie de cuadros de indicadores ya elaborados, que corresponden a las siguientes actividades:

1. Rayo
2. Fuegos de artificio
3. Apicultura
4. Caza y Animales salvajes
5. Actividades recreativas
6. Fuegos intencionados
7. Quema en el medio agrícola
8. Quema de residuos agrícolas
9. Actividades Ferroviarias
10. Fumadores
11. Quema de basuras
12. Cuadro de indicadores de Otras Actividades

El cuadro de indicadores de actividad establecido por los investigadores, se compara con estos y se comprueba si los hechos registrados se corresponden con los que caracterizan a estas actividades y se apuntaría esta como la posible causa del incendio. En caso de que no coincidieran, sería necesario crear otro cuadro de indicadores propio de esta nueva actividad provocadora del incendio.



Al llegar a este punto se elabora, con toda la información obtenida, un documento que constituye la Prueba Material de la investigación. En él se recogen todas las muestras encontradas sobre el medio de ignición y el posible causante, con su correspondiente referencia, el cuadro de indicadores de actividad y la reconstrucción de la evolución del incendio. Como conclusión se aportará la hipótesis que los investigadores han considerado como la más probable.

## **CUADRO DE INDICADORES DE RAYO**

Cielo nublado o presencia de cumulonimbos

Truenos

Presencia de picos o árboles dominantes dentro de la masa

Presencia de helechos u otros indicadores de humedad

Suelen aparecer en el interior de las masas

Suelo removido. Rocas y piedras rajadas

Materiales vítreos fundidos

Heridas recientes en los árboles (amplia tipología)

Varias descargas = varios puntos de inicio

En postes de madera (teléfono) aparecen señales de carbonización

## **MEDIO DE IGNICION ACTIVIDAD ESPECÍFICA AUTOR TESTIGOS**

DESCARGA ELECTRICA.

TORMENTA SECA

EXISTEN SIEMPRE. DEPENDE DE LA PERSISTENCIA DEL INVESTIGADOR

ATENCION: Debajo de pararrayos y líneas de alta tensión el comportamiento puede ser diferente.

## **CUADRO DE INDICADORES DE FUEGOS DE ARTIFICIO**

### **1- HECHOS PRESENTES**

Punto de inicio en el interior de la masa forestal

Detonaciones en lugares donde no se ha visto a nadie

Romerías, festividades, conmemoraciones especiales

Lugares con adornos de fiesta

Restos de cohetes, varillas, bombas y propulsores

Líneas de ceniza muy blanca y fina

Posibilidad de auto – ignición en cohetes no explosionados, después de algunos días debido a degradación por calor

Lanzamiento clandestino de cohetes anunciadores

Posibilidad de encubrimiento si el incendio se inicia durante la fiesta

## **MEDIO DE IGNICION ACTIVIDAD ESPECÍFICA AUTOR TESTIGOS PROPULSORES**

VARILLAS

POLVORA

MECHAS

LANZAMIENTO DE COHETES

LO ADMITE SI HAY TESTIGOS

EXISTEN SIEMPRE DEPENDE DE LA PERSISTENCIA DEL INVESTIGADOR

ATENCION: Para la prevención, se debe señalar el lugar como de alto riesgo

## **CUADRO DE INDICADORES DE APICULTURA**

### **1- HECHOS PRESENTES**

Presencia de colmenas en el lugar de inicio

Combustibles finos en el suelo (el ahumador deja marcas de combustión)

Indicios de trabajos (roza de matorral, cera en el terreno)

Los trabajos se realizan en las horas de máximo calor (recogida de miel, visitas de rutina, desinfección)

Uso de un ahumador inadecuado (salida de pavesas)

Material no adecuado usado en el ahumador (productor de pavesas)

Presencia de cenizas procedentes de la limpieza de ahumadores

Restos de combustibles productores de humo (quemados y sin quemar) próximos a las colmenas

## **MEDIO DE IGNICION ACTIVIDAD ESPECÍFICA AUTOR TESTIGOS**

PAVESAS

AHUMADORES (RADIACION Y TRANSPORTE)

DEPOSITO DE CENIZAS PROCEDENTES DE LA LIMPIEZA DEL AHUMADOR

RECOLECCION

DESINFECCION DE COLMENAS ATACADAS POR PLAGAS (QUEMA)

ADMISION DE LA PRUEBA (MARCAS DE CENIZAS, ETC.)

PROTECCION POR PARTE DE LOS VECINOS

## CUADRO DE INDICADORES DE CAZA Y ANIMALES SALVAJES

### 1. HECHOS PRESENTES

Presencia de matorral denso

Señales de paso de animales en áreas agrícolas

Daños en cultivos agrícolas (maíz, injertos)

Señales de presencia de vida salvaje: huellas, excrementos, marcas de dientes

Artefactos para ahuyentar animales

Presencia de cotos

Pueden aparecer placas de señalización del coto arrancadas, si hace poco tiempo que el mismo se ha establecido

MEDIO DE IGNICION

ACTIVIDADES ESPECÍFICA

AUTOR

TESTIGOS

FOSFOROS

CIGARROS

DISPAROS

HOGUERAS

ENTRENAMIENTO DE PERROS

CAZA

RECOLECCION

ATENCIÓN: es necesario relacionar este cuadro con el cuadro de indicadores de fuego intencionado.

## CUADRO DE INDICADORES DE ACTIVIDADES RECREATIVAS

### 1. HECHOS PRESENTES

Debajo de zonas sombreadas, con árboles frondosos

Lugares muy frecuentados y apreciados

Presencia de zonas sin matorral Marcas de neumáticos

Colillas de cigarrillos Restos de comida Hileras de hormigas

Restos de hogueras (a veces con protección de piedras)

Depósitos de cenizas (parrillas o asadores)

Inicio durante la tarde o al anochecer

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDADES ESPECÍFICAS	AUTOR	TESTIGOS
-------------------	-------------------------	-------	----------

PAVESAS			
---------	--	--	--

CENISAS			
---------	--	--	--

COLILLAS			
----------	--	--	--

FOSFOROS			
----------	--	--	--

RECREO			
--------	--	--	--

HOGUERAS			
----------	--	--	--

FUMAR			
-------	--	--	--

ADMITE LA CULPABILIDAD AL SER COMPROBADAS LAS PRUEBAS SI ESTAN PRESENTES RELATAN LOS HECHOS (HAY QUE PEDIR LA IDENTIFICACION INMEDIATA DE LOS TESTIGOS)

## CUADRO DE INDICADORES DE FUEGOS INTENCIONADOS

### 1. CASO GENERAL

No se encuentra el medio de ignición (mechero)

Dispositivos retardadores o aceleradores (velas, fósforos)

Varios focos

Más frecuentes en las horas centrales del día y al anochecer

Junto a viales

En carreteras el punto de inicio está en la parte alta del talud

## **2. DEBIDOS A NIÑOS**

Varios focos, a veces muchos

Zonas habituales de juegos de niños

Junto a las poblaciones

Es normal encontrar el medio de ignición (cerillas)

## **3. DEBIDO A PIROMANOS**

Difícil establecer un patrón

PARA DETERMINAR LA INTENCIONALIDAD ES NECESARIO CONOCER

Modus operandi

Datos históricos para establecer relaciones

Manifestaciones de los testigos

## **CUADRO DE INDICADORES DE QUEMAS EN EL MEDIO AGRICOLA**

(Los combustibles son quemados sin haber sufrido corte)

### **1. RENOVACION DE PASTOS**

Zonas de pastoreo (signos de presencia de ganado)

Matorral con 3 o más años

Presencia de zonas anteriormente quemadas

Varios focos

Por la tarde se inicia con más de un foco

De noche o por la mañana es frecuente encontrar montones de cenizas

### **2. QUEMA DE RASTROJOS**

Áreas tradicionales de cultivo de cereal

Presencia de rastrojos carbonizados

Signos de otras actividades agrícolas

### **3. TRANSFORMACION O LIMPIEZA DE SUELO (AGRÍCOLA/ FORESTAL)**

Presencia de vegetación invasora sin cortar

Aparición junto al límite de fincas agrícolas

Restos De gran tamaño en combustión (raíces, tocones, troncos, gavillas)

Limpieza de caminos, accesos, apertura de carreteras

MEDIO DE IGNICION CHISPAS ACTIVIDADES ESPECÍFICA AUTOR TESTIGOS

CHISPAS

HOGUERA

FOSFOROS

CIGARROS

QUEMA DE MONTE

QUEMA DE RASTROJO

ADMITE LA AUTORÍA ANTE LOS HECHOS

NORIVIALMENTE ADMITEN LA PRESENCIA DEL AUTOR

#### **CUADRO DE INDICADORES DE QUEMA DE RESIDUO AGRICOLA**

(Los combustibles son quemados después de ser cortados y amontonados)

#### **1. HECHOS PRESENTES**

Terreno agrícola próximo. Quema en el centro de una zona limpia

Dirección del viento desde el montón hacia el área de inicio



# Programa de Manejo del Fuego

Si el viento es constante, se observa un cono de proyección bien definido

Presencia de materiales carbonizados en tejados, muros cercados, rocas. Disminuyendo de tamaño a medida que nos acercamos al área de inicio

Presencia de combustible ligero muerto con humedad por debajo de la humedad de extinción en la hora de inicio del incendio

Trabajos agrícolas recientes (riegos, cosechas, roza de matorral, siega de hierba, etc.) Montones de cenizas aún calientes o recién esparcidas por el suelo

Registro de humos en las coordenadas de la zona de quemas horas antes del inicio del incendio (vecinos, vigilantes, etc.)

Vestigios de tentativas de extinción por los autores (roce del terreno, ramas cortadas, herramientas abandonadas)

MEDIO DE IGNICIO CHISPA      ACTIVIDADES ESPECÍFICAS      AUTOR      TESTIGOS

CHISPAS

LLAMAS

CONVECCION

RADIACION

QUEMA DE RESIDUOS AGRICOLAS

ADMITE LA AUTORIA ANTE LOS HECHOS

NORMALMENTE CONFIRMAN LA EJECUCION DE LA QUEMA AGRICOLA

CUADRO DE INDICADORES DE ACTIVIDADES FERROVIARIAS

(Las situaciones más comunes son el lanzamiento de objetos y el tránsito de trenes)

## 1. TRANSITO DE TRENES

Inicio de los incendios asociado al paso de los trenes

Más frecuente al paso de trenes mercancías (con frecuencia sobrecargados)

Aparición en lugares de frenado habitual (pendientes, curvas, pasos a nivel, apeaderos, estaciones)

Aparición de varios focos a lo largo de la vía

La gente del lugar observa frecuentemente la proyección de chispas

## 2. LANZAMIENTO DE OBJETOS DESDE LOS TRENES

Focos de inicio de los incendios asociados al horario de paso

Más frecuentes en trenes de vía estrecha o líneas de cercanías

Aparición de un foco de inicio

Punto de inicio en el radio de acción del túnel de viento

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECÍFICA	AUTOR	TESTIGOS
-------------------	----------------------	-------	----------

CIGARROS

CHISPAS DE DIVERSOS TIPOS

FERODOS

TRANSPORTES

ATENCION A LA REPETICION DE LOS INCENDIOS

VECINOS DE LAS PROXIMIDADES

CUADRO DE INDICADORES DE FUMADORES

(Es necesario comprobar la H.C.L.M)

### 1. EN VEHÍCULO MOTORIZADO

Presencia de colillas en distintos estados de degradación

Arcenes y cunetas con abundantes capas de combustible ligero muerto

Área de inicio en cune las, arcenes y taludes

Los cigarros del punto de inicio se presentan más afectados por debajo

La áreas de inicio más frecuentes son rampas, curvas y en general zonas de marcha lenta

### 2. PEATONES

Área de inicio con capas de combustible ligero muerto

Punto de inicio junto a los arcenes de caminos

Zonas de paso habituales

Evidencias del paso de personas a pie

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECÍFICA	AUTOR	TESTIGOS
-------------------	----------------------	-------	----------

CIGARROS

FOSFOROS

FUMAR

## CUADRO DE INDICADORES DE QUEMA DE BASURAS

(Aunque se realicen acciones preventivas posteriormente al incendio, es posible determinar la causa)

### 1. HECHOS PRESENTES

Acumulación de residuos en combustión

Continuidad de combustibles entre la basura y el monte

Lugares tradicionales de quema (basureros, vertederos)

Cono de proyección de materiales quemados, plásticos y otros restos

Mayor probabilidad en días de viento

Evidencias de grandes liberaciones de energía (humo), en la hora de inicio del incendio y en las coordenadas del basurero

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECÍFICA	AUTOR	TESTIGOS
-------------------	----------------------	-------	----------

CONVECCIÓN

EXPLOSIÓN DE RECIPIENTES

RADIACIÓN

QUEMA DE BASURAS

ATENCIÓN: Los antecedentes históricos son de ayuda para el investigador.

## CUADRO DE INDICADORES DE OTRAS ACTIVIDADES

### 1. HECHOS PRESENTES

Motosierras (localización del depósito, escape, etc.)

Líneas eléctricas abatidas por árboles, arcos eléctricos

Cortes y soldaduras (tuberías, líneas telefónicas, sondeos)

Tubos de escape (maquinas, coches estacionados)

Fricción de cables (extracción por cables)

Explosiones (maniobras militares, canteras obras públicas...)

Corto circuito en coches, fricción de aperos de máquinas agrícolas con piedras)

# Programa de Manejo del Fuego

MIEDO DE IGNICION      ACTIVIDAD ESPECÍFICA      AUTOR      TESTIGOS

RADIACION

PAVESAS

DESCARGAS ELECTRICAS

EXPLOSIONES

CHISPAS

TRABAJOS:

FORESTALES

AGRICOLA

INDUSTRIALES

NORMALMENTE DESCONOCE QUIE ES EL AGENTE O LA CAUSA

RECOGEN LA PRESENCIA DE LOS MEDIOS DE EXTINCION

Prueba personal

Los indicadores, obtenidos durante la investigación, sobre el medio de ignición y el posible autor, recogidos en la fase de prueba material, se deben contrastar con las declaraciones de los testigos del incendio, y de las personas relacionadas con éste. Estos testimonios constituyen la prueba personal.

El interrogatorio de los testigos en el lugar del siniestro, es una de las partes de mayor importancia en la investigación. Debido a la diversidad de leyes existentes actualmente, estos serán interrogados por un representante oficial.

Para facilitar la investigación se anotarán previamente las siguientes informaciones:

Nombre y descripciones de personas en el lugar

Identificación y matrículas de vehículos de paso o estacionados en las proximidades

Todas las observaciones realizadas por las personas que se encuentran en la zona y que de una forma u otra estén relacionadas con el incendio.

Cuando se tome declaración a un testigo hay que ser muy cuidadoso, ya que la persona que ve algo o está presente durante su desarrollo, lo ve bajo su perspectiva (subjetiva), interpretándolo de acuerdo con su esquema de valores y experiencia, y por tanto, cuando lo transmite, lo hace dándole un significado.

En el caso de encontrar personas que quieran prestar declaración de forma voluntaria, se debe aprovechar esa situación para interrogarlas. Para ello efectuarán una declaración en la que:

Hay que intentar que la persona escriba de su puño y letra. Si lo hace el investigador, el testigo debe firmar cada página.

Se realice un relato detallado de los hechos observados. Para evitar sufrir interrupciones en privado.

Todas las páginas estarán numeradas y firmadas (a ser posible de su puño y letra).

Los investigadores, durante su transcurso, no emitirán opiniones, ni sacarán impresiones sobre personas u objetos vistos en el lugar de los hechos, que puedan estar relacionados con el origen del incendio. Hay que recordar que su tarea consiste en reunir información, no en interpretarla.

## **Testimonios**

Como testimonio se entiende la descripción de un hecho en el que se estuvo presente. Los testimonios pueden no ser reales o completos por varios motivos:

### **1. Observación parcial:**

Los testigos tienden a cubrir lo que no vieron con ideas propias o detalles de otros hechos. En este caso se les debe tranquilizar, ya que nadie es culpable por no conocer la totalidad de una situación.

Se comprobará cada uno de los elementos declarados, y se localizará de forma horaria, de manera muy clara, cada situación.

### **2. Observación en Grupo:**

Los testigos deben ser aislados con el objeto de que los detalles que hayan visto no sean modificados por otras opiniones.

### **3. Testimonio tardío:**

El interrogatorio a los testigos debe realizarse lo antes posible, ya que cuanto más tarde se realice más detalles se perderán. Si se provocan situaciones violentas, se evitarán los enfrentamientos (Esto ocurre por ejemplo cuando hay accidentes).

Hay otros motivos, aparte de los fallos de memoria o de percepción, que hacen desconfiar a priori de los testimonios. Los testimonios recogidos siempre deben ser comprobados. Numerosas experiencias demuestran que casi la mitad del relato de los hechos es erróneo. Los motivos para desconfiar son debidos a la subjetividad de los individuos (testigos) y están originados por su:

Emotividad

Sugestionabilidad

Parcialidad

Facilidad para convertirse en "Actores Secretos" de los hechos presenciados

Los errores se producen en función de la seguridad y convicción en lo que hayan visto. Además ciertos sujetos tienden a modificar la verdad inventando hechos que no han sucedido. Para evitar toda esta situación, se guardarán las siguientes precauciones:

Las preguntas serán realizadas de manera sistemática, intentando cubrir todos los elementos. No se debe pedir una descripción global, que podría provocar confusión.

Nunca tomar como cierto aquello de lo que el individuo no tiene certeza

Cuando el individuo se muestra hostil, se debe detener el interrogatorio hasta que conozcamos el motivo de su actitud.

Nunca se suministrará información a un testigo, ya que este podría ser el autor o coautor del hecho, e interprete su papel con el objetivo de despistar.

Realizar el interrogatorio lo antes posible

Hablar siempre en privado con los testigos.

-Testigos

Según sus características los testigos pueden clasificarse en:

1. **Habladores:** Suelen ser generadores de perturbación. Hay que intentar centrarles en la cuestión realizando preguntas globales. Por ejemplo: ¿Qué ocurrió cuando usted paro el coche?
2. **Imaginativos:** Es necesario tener mucho cuidado, pues tienen tendencia a exagerar. En este caso el interrogatorio debe desarrollarse de acuerdo a un guion concreto, el cual se tendrá siempre en mente, para hacerles regresar al centro de la cuestión.
3. **No saben nada:** En este caso se harán al testigo preguntas sobre las cuales estemos seguros que conoce las respuestas. Por ejemplo: ¿Cuál es su nombre? ¿A qué hora llegó usted?
4. **De coartada:** Exige una preparación anterior al interrogatorio con el testigo. Hay que tener en cuenta:
  - Relaciones con el sospechoso
  - Reputación en cuanto a su honestidad
  - Antecedentes policiales y criminales
5. **Los que cooperan mucho:** En caso de fuego intencionado, el testigo, en muchas ocasiones resulta ser el principal sospechoso.

Relación entre la prueba material y personal.



Con los datos al localizar el medio de ignición, el cuadro de indicadores de actividad y las declaraciones de los testigos, es posible realizar una reconstrucción de las circunstancias que determinaron el inicio del fuego. Así sabremos si es un fuego de origen antrópico o no. En caso de los que sea, se podrá determinar a qué actividad concreta se debe su origen (trabajos agrícolas, incendiarismo, recreo...)

No obstante, antes de poder establecer una Hipótesis Central sobre la causa del incendio, será necesario comprobar muy bien qué relaciones hay entre la prueba material y personal recogida durante la investigación. Esto será especialmente en los fuegos de origen antrópico, porque de ello dependerá el poder relacionar o no a los posibles sospechosos con su inicio.

Establecimiento y validación de la hipótesis central de la causa del incendio.

La hipótesis central sobre la causa del incendio investigado, se extrae al cotejar la prueba material con la prueba personal. Por las relaciones encontradas entre ellas, se determina una posible causa del incendio, con altas probabilidades de ser la real. También es posible que con las pruebas encontradas, tanto físicas como personales, se pueda establecer otras hipótesis sobre el origen del fuego. Por este motivo, es necesario efectuar

un escrupuloso proceso de análisis para poder llegar a establecer la hipótesis central como válida y por tanto como Causa del incendio estudiado.

Para ello se confrontarán los indicadores de actividad encontrados, con las pruebas y declaraciones aportadas por los testigos (después de ser comprobadas). Si este proceso de validación es superado, se estará en condiciones de establecer la CAUSA que provocó el incendio forestal.

En caso de que esta hipótesis se demuestre como no válida, o haya otras que se ajusten a la situación, habrá que comenzar el proceso de investigación otra vez desde el principio.

## **10.- PREVENCIÓN DE INCENDIOS MEDIANTE LA INVESTIGACIÓN DE CAUSAS.**

De las tres funciones que tienen las Brigadas de Investigación de incendios forestales (B.I.I.F), hemos resuelto la investigación de las causas que provocan los incendios, aplicando el método de las evidencias físicas (M.E.F).

Las otras dos se encuadrarían dentro de las funciones de prevención. Para ello deberán conocer profundamente la legislación vigente y así poder:

Catalogar, mediante la elaboración de los partes de riesgo de incendios, aquellas situaciones que puedan convertirse en problemas de más difícil solución.

Informar al responsable de que tal situación se esté produciendo, del peligro que conlleva la misma, explicándole el por qué y dándole soluciones para evitar el riesgo. Su labor será siempre sensibilizadora, no represiva, dejando este aspecto a la decisión de la policía y los jueces.

El investigador no debe olvidar que el objetivo de la prevención es impedir que el incendio se inicie debido a causas evitables, trabajando sobre éstas para que no se produzcan.

## REGISTRO DE SITUACIONES DE PELIGRO

Estudiando las fichas de los incendios investigados, se puede determinar cuáles son las causas que los producen, los lugares en que se presentan con mayor frecuencia y los periodos del año en los que la probabilidad de que acontezcan es mayor.

Además nos permiten conocer las situaciones de peligro, determinando qué medidas hay que tomar para que no exploten. Su ubicación se recogerá sobre un plano. De esta forma los servicios de vigilancia les prestarán una atención prioritaria.

Una situación de peligro se produce en lugares donde se desarrolla una actividad susceptible de provocar un incendio. Éstas pueden ser:

- Áreas recreativas
- Parques Naturales
- Urbanizaciones en zonas forestales
- Basureros
- Carreteras
- Tendidos eléctricos
- Zonas agrícolas

Los investigadores elaborarán un catálogo en el que se registren todas las situaciones de peligro presentes en su zona de actuación, y un registro de su estado (si hay medidas preventivas o no, si los habitantes son conscientes de los daños que podrían sufrir, etc.). Su finalidad es indicar cuáles son las medidas de precaución que se requieren y la época del año en que se deben realizar.

Las personas encargadas del registro de situaciones de peligro, tiene varias obligaciones que cumplir:

Determinar, en base a un cuadro de indicadores, los factores que convienen una situación concreta en peligrosa.

Determinar qué acciones hay que realizar para evitarla.

Informar al responsable (dueño, usuario, etc.) del estado de la situación. Para que esta información surta el efecto deseado, es importante que el encargado de realizarla, se presente ante el dueño, usuario o responsable con una actitud positiva, profesional, eficiente y aseada, manteniendo en todo momento un tono comprensivo. Deberá explicar por qué (indicando los motivos y las razones de ello) existe una situación de peligro, y será capaz de aportar soluciones para evitarla. La explicación debe ser completa, indicando claramente los riesgos que se corren, tanto en pérdidas materiales (casa, coche, ganado, cosechas, propiedades), como las ecológicas; asimismo, se debe informar acerca de la legislación vigente, y de las responsabilidades que se pueden exigir a los causantes (por el motivo que sea) de un incendio.

## ELABORACION DE LOS PLANOS DE CAUSUALIDAD

A partir de los datos obtenidos durante la investigación de causas se elaborará cartografía con la localización de los incendios estudiados, con el objeto de determinar zonas de causalidad.

Esta clasificación permitirá definir mejor las necesidades comarcales en cuanto a medidas de prevención de todo tipo, estrategias de vigilancia y herramientas de extinción, así como comprobar la eficacia de los métodos adoptados en cuanto a prevención y lucha contra los incendios forestales a lo largo del tiempo.

## 11.- INFORME TECNICO DE LA INVESTIGACION DE LA CAUSA DEL INCENDIO

Al comenzar la investigación de las causas que han provocado los incendios forestales, se redactará un informe técnico que contenga toda la información recogida durante la investigación y la relativa a las características del incendio. De esta manera se elaborará un archivo de los incendios forestales ocurridos en una zona de trabajo concreta, con pruebas. Esto hará posible el trabajo posterior de la investigación en su faceta preventiva.

### PARTE TÉCNICO DE LA INVESTIGACIÓN.

Uno de los documentos que integran el informe técnico, es el Parte Técnico de la investigación. Este documento contendrá toda la información recopilada durante el proceso de investigación, de forma que pueda servir como referencia y consulta fiable.

La información que debe contener el parte técnico es la siguiente:

### A - DATOS GENERALES SOBRE EL INCENDIO

A.1 -Localización del fuego: Localización geográfica del incendio, así como la fecha y hora en que se inició.

A.2- Condiciones Meteorológicas: Datos de temperatura, Humedad relativa, Velocidad y dirección del viento, Humedad del combustible ligero muerto.

.A.3-Topografía: Pendiente y exposición.

## **B - DATOS DEL AREA DE INICIO**

B.1 -Relativos al punto de inicio: Indicar si se ha determinado exactamente su posición, Número de focos, Hora en que se iniciaron, Localización de los focos.

B.2-Datos Topográficos: Exposición, Pendiente, Cota en que se localiza, Accesibilidad...

B.3-Datos de uso del suelo: Especificar qué uso tiene el suelo de la zona.

B.4 -Combustibles presentes en el área de inicio: Presencia de combustibles ligeros, y su grado de combustibilidad, Modelo de combustible.

## **C - EVIDENCIAS FISICAS ENCONTRADAS EN EL LUGAR DEL INCENDIO**

C.1 -Actividades relacionadas con el origen del incendio: Cuadro de indicadores.

C.2 -Evidencias físicas en el punto de inicio: Vestigios de toda clase.

C.3-Medio de ignición: Especificar el medio de ignición encontrado.

C.4 - Reconstrucción del modo de inicio del fuego: En caso de que el autor confiese el delito.

C.5 - Datos de apoyo a la clasificación de la causa: Estos datos se tomarán en caso de que haya certeza de intencionalidad. Se averiguará si la zona quemada está acotada, si existen daños producidos por especies cinegéticas, si ha habido compra o alquiler reciente. Oferta rehusada de compra de material leñoso, etc.

## **D -DATOS SOBRE LA CAUSA DEL INCENDIO**

D.1 -Actividades específicas que originan el incendio: Actividad forestal, ganadera, cinegética, agrícola, ocio, etc.

D.2 - Fuente de calor: Especificar la fuente de calor hallada

D.3 - Confesión del causante: Especificar si confesó o no

DA - Causa: Clasificación general de la causa: natural, intencionada, negligencia

D.S - Clasificación final de la causa: Especificación de la causa

## **E - PRUEBAS JUDICIALES**

E.1 - Personas y vehículos sospechosos: Descripción física de las personas y vehículos sospechosos. Se debe tomar nota de matrículas, modelos y color del vehículo, así como el aspecto físico de las personas sospechosas. E.2 - Pruebas recogidas como apoyo a la investigación policial: Indicar el tipo de prueba en

concreto y el destino de ésta. Si se tomaron fotografías, indicar número de carrete y de negativo.

E.3 - Causa intencional: Indicar si existió delito flagrante, y describir en ese caso los hechos. EA - Observaciones personales: Cualquier dato que creamos importante que deba figurar. E.5 - Testigos: Filiación de los testigos presentes.

## **F- CROQUIS**

La documentación del parte técnico de la investigación, se completa con un croquis que refleje el área donde se ha producido el incendio. La incorporación del croquis es fundamental, ya que si es necesario realizar posteriores comprobaciones en el incendio, servirá como referencia.

Un croquis, es un esquema general del incendio, en el que a grandes rasgos reflejamos sus aspectos más importantes y la relación de estos con la investigación. Es aconsejable dibujar el croquis en papel milimetrado, ya que de esta forma será mucho más sencillo el reflejar una escala (Fig.36).

También se puede emplear una ampliación de la cartografía de la zona, y dibujar sobre ella.

Un croquis debe contener los datos suficientes, y nunca ser farragoso. Recogerá los siguientes datos:

F.1 -Croquis del área de inicio del fuego: Referido al área de inicio del fuego. Para mostrar el perímetro del incendio, utilizaremos una de las formas geométricas típicas de los incendios.

F.2-Carretera o camino más próximo al fuego. El área de inicio del fuego se indicará con respecto a un punto fijo del camino de acceso al mismo.

F.3 -Señalar la posición del Punto de Inicio, con respecto a varias referencias fijas del terreno.

F4 - Dirección y Velocidad del viento durante el incendio.

F.5 - Se debe indicar el lugar desde el cual se realizaron las fotografías del Punto de Inicio. Como norma general estas serán tres, tomadas a corta, media y larga distancia. Si es necesario se realizarán fotografías de detalle de alguna prueba.

F.6 - En el croquis debe figurar toda la información relativa al fuego que se considere necesaria, pero sin que esta dificulte su lectura. En general estos datos serán:

- Superficie quemada, Combustibles, Sentido de la pendiente
- Localización de objetos o zonas de interés (basurero, línea eléctrica, etc.).

## **A. PARTE DE DENUNCIA**

Al informe de investigación de las causas que provocan los incendios forestales, se incorporará un parte de denuncia. En España siempre se ha utilizado para este fin el parte general de incendios, por tanto o bien éste deberá ser modificado, o se creará otro específico de denuncia de la causa del incendio.

La información que debe recoger esta parte es la siguiente:

1 - Datos sobre el aviso de alarma

2 - Datos sobre el personal investigador

3 - Datos sobre la inspección técnica del incendio:

3.1 - Antecedentes generales

3.2 - Datos de la investigación técnica

3.3 - Datos testimoniales

## **12.- INSTRUCCIONES PARA EL PERSONAL DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES.**

Las pruebas recogidas en los incendios forestales son extremadamente frágiles debido al proceso de combustión al que han sido sometidas. Esto requiere que en la zona de estudio (zona de inicio), se deban extremar las precauciones durante las labores de extinción, de forma que se la manipule lo menos posible.

A menudo, el nerviosismo y la atención exclusiva al control y extinción del fuego, por parte del personal encargado de ello, hace que sean eliminados los posibles vestigios o pruebas materiales. Para evitarlo es necesario que la organización de extinción conozca y difunda las siguientes cuestiones:

La existencia de brigadas de investigación y la importancia de su función. El trabajo en el incendio no termina con su extinción. Hay un grupo de personas, los investigadores de causas, que comienzan su labor en este punto, de ahí lo importante de preservar intacta la posible zona de inicio.

Como identificar y proteger la zona de inicio del fuego. El jefe de cuadrilla deberá anotar datos tales

Como:

- Personas y vehículos presentes en el lugar antes y durante la extinción.
- Cuestiones o acontecimientos que llamen su atención. En este caso deberá preguntarse ¿Por qué le llama la atención ese hecho?

En incendios que ocasionen daños graves y que se sospeche que han sido provocados, el jefe de extinción colocará un vigilante en la zona donde estime que se inició el incendio, de forma que la preserve y mantenga un mínimo esfuerzo en las labores de extinción que puedan alterarla.

Los componentes de las cuadrillas de extinción y observadores no deben arrojar colillas, restos de comida u otros objetos en la zona de trabajo, y menos aún en el área demarcada como de estudio.



Como realizar la extinción en la zona de inicio y la importancia de preservarla de cualquier disturbio, ya que la información que contiene puede conducir a la identificación del autor.

La importancia de la investigación de las causas que provocan los incendios forestales, dentro de las labores preventivas, fundamentales para realizar una adecuada gestión forestal.

## **13.- SITUACIONES DE RIESGO**

### **INTRODUCCIÓN.**

Los equipos de investigación de causas tienen las siguientes obligaciones:

1. Determinación de las causas de los incendios forestales.
2. Identificación de las situaciones de riesgo.
3. Divulgación de las técnicas de prevención.

Lo visto y desarrollado hasta ahora resuelve el punto 1. Los puntos 2 y 3 se encuadran dentro de la prevención de los incendios forestales a través de la investigación de sus causas. Para conseguirlo hay que identificar las situaciones de riesgo que pueden producir incendios forestales. A partir del análisis de los datos históricos de una comarca y desde la observación de las condiciones intrínsecas de ciertas instalaciones humanas en terrenos forestales, se determinan a priori situaciones que, en un futuro próximo, puedan ser susceptibles de provocar un incendio. Asimismo, el investigador, tendrá información acumulada en los planos de causalidad que revelarán estas situaciones de riesgo en su comarca de actuación.

Estos mapas de causalidad son una representación gráfica en la que se señalan las ubicaciones de los incendios agrupándolos por sus causas. Una vez confeccionados estos planos podrán ser cruzados con mapas temáticos de la comarca, como pueden ser los de la red de ferrocarril, el de áreas recreativas, etc. Este tema es tratado en el siguiente epígrafe.

Cuando se determina una situación concreta se informa al responsable de ella de su existencia y del peligro que conlleva, adoptándose en todo momento un tono positivo y comprensivo, explicando él por qué es peligrosa esa situación y aportando soluciones para corregirla. En principio, hay que iniciar una actuación sensibilizadora e informativa, dejando para un segundo paso las medidas punitivas.

Con la prevención pretendemos eliminar los incendios debidos a causas evitables, actuando sobre ellas para que no se produzcan o repitan.

El procedimiento comienza con el estudio previo de las fichas de incendios ocurridos con anterioridad. Estas nos revelan las causas que los producen, los

lugares en que se presentan con más frecuencia y los periodos del año en que es mayor su probabilidad.

De esta manera, la información indicará las situaciones en las que hay que tomar determinadas medidas de prevención y en que épocas hay que concentrar los esfuerzos.

El sentido tradicional de actuación: prevenir sin conocer las causas exactas, puede producir que se elijan técnicas de prevención no adecuadas a cada situación, lo que tiene como respuesta la no-disminución del número de incendios en cifras apreciables. El dar soluciones genéricas a problemas no definidos claramente, produce el desbordamiento de los recursos destinados a luchar contra los incendios forestales, produciendo su dispersión e insuficiencia.

Para no caer en este error, por desgracia muy repelido en el pasado, es necesario el levantamiento de situaciones de riesgo. Estas son aquellas situaciones en las que ciertas actividades humanas en los montes pueden originar el inicio de un incendio forestal.

Una vez identificado el riesgo se hará constar en unos partes en los que se incluirá la solución propuesta y un índice de peligro' que refleje la probabilidad de que esa situación pueda llegar a ocasionar el incendio. De la misma manera se registrará si el propietario se da por enterado o no y se indicará su receptividad a adoptar medidas al respecto y si ya ha desarrollado alguna de ellas. De esta manera, en el caso de que no se solucione el problema queda constancia del riesgo en que se estaba incurriendo hasta la aparición del incendio.

## **MAPAS DE CASUALIDAD DE INCENDIOS FORESTALES.**

La acumulación de datos sobre causas resulta una herramienta de extraordinaria utilidad. Como se ha expuesto, aporta una visión precisa sobre la problemática de una determinada comarca. Este hecho nos conduce a una adecuada distribución de recursos y facilita la planificación preventiva.

El medio más eficaz para almacenar)' procesar esta información lo aportan las bases de datos. A partir de estos paquetes informáticos se consiguen procesar grandes volúmenes de datos con gran rapidez y flexibilidad.

Una representación cartográfica de esos datos nos sitúa espacialmente esta información. Es decir al representar, en su punto de inicio, los datos de causas de incendios, obtenemos los llamados mapas de causalidad.

Estos mapas identifican las zonas más conflictivas y cuáles son las causas fundamentales que tienen asociadas.

A partir de ellos se puede cruzar la información relativa a la investigación de causas con cualquier otro factor ecológico o socio económico obteniéndose así unos análisis muy precisos. Su estudio revelará no sólo los lugares de mayor peligro de inicio de incendio, si también, en muchas ocasiones, sus

relaciones con actividades humanas e incluso con periodos temporales en los que se manifiestan con mayor frecuencia.

Como ejemplo podemos, citar que cruzando los datos sobre quemas en márgenes de cultivos agrícolas con su referencia geográfica, se obtendrán una serie de fincas conflictivas sobre las que se podrán iniciar actuaciones correctoras. Esta información homogénea de los datos de una comarca, evidencia hechos que pasan desapercibidos si no se analizan con detalle.

Los mapas se pueden elaborar de manera sencilla a partir de cartografía 1:150.000, señalando de manera agrupada las diferentes causas. Pero son los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) los que presentan una mayor eficacia. Básicamente se puede definir un S.I.G. como un sistema informático capaz de almacenar y utilizar datos referentes a lugares de la superficie terrestre. Permite identificar relaciones espaciales entre las distintas informaciones que contiene un mapa.

Podemos citar algunas de sus ya conocidas cualidades como: alta capacidad de almacenamiento, facilidad de actualización y mantenimiento de datos, archivado en soporte indeformable y con volumen reducido, etc.

Los datos se estructuran en capas de información, podemos distinguir:

- Información de base: en esta capa se describe la comarca a partir de las líneas de nivel (según la escala) y vías de comunicación.
- Información temática: puede ser muy diversa dado los diferentes ámbitos que hay que tener en cuenta en la investigación de causas. La elaboración de esta información comienza por una estratificación. A partir de diversas capas de información: usos del suelo, vegetación, altitud, etcétera se obtienen estratos homogéneos.

Esta información podrá ser estudiada frente a la situación de, por ejemplo, cotos de caza, áreas recreativas, áreas ganaderas o cualquier otra superficie que pueda considerarse relacionada con los incendios forestales.

Las respuestas del S.I.G. Que resultarán más dicaces para la investigación de causas son:

- Distribución. Esta respuesta indica patrones de distribución espacial. La información que aportará será el número de situaciones singulares que se producen en una determinada distribución espacial y dónde se localizan.
- Tendencia. Establecerá las diferencias que aparecen a través del tiempo. Es decir la evolución que llevan las distintas causas. Esta información, tras la recopilación de unos volúmenes de datos de muchos años, indicará si las medidas preventivas están bien encaminadas o si están apareciendo nuevas causas significativas a las que dar una respuesta.

La mayoría de estas informaciones ya existen, por lo que será la interpretación de esos datos, con el adecuado enfoque investigador, el que hará que estos mapas sean realmente útiles para su trabajo.

## **VALORACIÓN DE SITUACIONES DE RIESGO.**

Tras la determinación de una situación de peligro se levantará un informe que contenga los siguientes puntos:

- Ubicación y antecedentes: Se detallarán, basándose en los datos históricos, aquellos conatos o incendios que en el pasado ya hayan sido atribuidos a dicha situación.
- Propietarios o responsables de dicha situación. Se incluirá en este epígrafe la fecha desde la que el responsable de la misma está informado por los equipos de investigación de causas.
- Descripción de la situación de riesgo, haciendo especial mención a los elementos o características de la misma que se perfilen como más peligrosos.
- Aspectos legales. Bajo este epígrafe se enumerarán todas aquellas disposiciones que en materia de prevención afecten a dicha situación.
- Análisis de alternativas. Se detallarán las medidas de seguridad aportadas por el responsable y su grado de adecuación a la prevención de incendios. Por otra parte se justificarán las medidas propuestas por los equipos de investigación, indicando cuales de aquéllas se han llevado a cabo.
- Estimación del peligro. A través de un índice de sencillo cálculo y expresión.

Estos índices serán sencillos en cuanto a su expresión. Por ejemplo de 1 a 3 con la siguiente caracterización:

1. Riesgo moderado de que la situación origine un incendio. En estas situaciones se incluirán aquellas en las que se empiecen a observar deficiencias en el mantenimiento de las adecuadas condiciones de seguridad.

2. Riesgo medio. Bajo este índice se reflejarán:

Situaciones en las que exista una manifiesta carencia en las condiciones de seguridad de la misma.

Todas aquellas situaciones que presentando un índice de peligro de 1, tengan unas especiales características de peligro en caso de iniciarse el incendio. Podernos citar en este sentido aquellos incendios que puedan afectar a vidas humanas, bienes inmuebles, espacios protegidos, masas forestales de gran valor, etc.

3. Riesgo extremo. Se asignará este índice a todas aquellas situaciones que hayan iniciado incendios ya con anterioridad y no hayan variado sensiblemente sus condiciones de seguridad. El análisis de los partes de incendios juega un papel clave para su determinación.

También le será asignado este índice, análogamente al caso anterior, a todas aquellas situaciones que teniendo asignado un índice 2, asociado a sus condiciones de seguridad, amenace a vidas humanas, bienes o enclaves de especial relevancia.

Las medidas encaminadas a resolver las situaciones de riesgo variarán en función de la valoración que se haya realizado de las mismas. Serán prioritarias todas las acciones encaminadas a solucionar las situaciones de riesgo extremo.

La asignación de estos índices debe ser muy dinámica. Han de ser revisados periódicamente. En cada comarca, el trabajo realizado irá resolviendo situaciones de riesgo, o al menos haciéndolas menos peligrosas, a la vez que podrán aparecer otras nuevas.

Una vez detectada la situación de riesgo, debe precederse a la elaboración de un informe que contenga los puntos anteriormente relacionados. A partir de estos informes se irá generando un volumen de datos que facilitará posteriores análisis de situaciones.

Informado el propietario y valorada la situación de peligro, aquellos casos en los que no se consiga una solución satisfactoria se elevarán a la autoridad administrativa correspondiente. En muchos de ellos resultará complicado el empleo de esta metodología. Como es bien sabido, en multitud de ocasiones son las propias administraciones las que incumplen la normativa vigente en materia de prevención de incendios forestales.

En cualquier caso, siendo competencia de la administración forestal la prevención de incendios, resulta evidente que hay que articular medidas que detecten estas situaciones. Sin embargo, no todas las soluciones están directamente implicadas con organismos forestales sino que afectan tanto a otras administraciones como a entidades privadas.

## **SITUACIONES DE RIESGO.**

Las situaciones de riesgo clásicas se exponen a continuación. Estas irán aumentando con las que puedan ir apareciendo a partir de la información recabada y de los cuadros de indicadores:

- URBANIZACIONES EN ZONAS FORESTALES.
- VERTIDOS SÓLTIDOS.
- LÍNEAS ELÉCTRICAS.
- VÍAS DE COMUNICACIÓN.
- TRABAJOS FORESTALES.
- ÁREAS RECREATIVAS.



## URBANIZACIONES EN ZONAS FORESTALES (INTERFASE).

El movimiento de personas de la ciudad al campo y el desarrollo de zonas habitadas dentro de áreas silvestres, denominado en Estados Unidos como urban/wildland interfaces se ha incrementado notablemente en el mundo occidental desde los años 60 y 70. Esta concurrencia entre la sociedad urbana, deseosa de disfrutar de la naturaleza y el medio ambiente plantea, ^R serios problemas para la pervivencia de ésta y provoca la aparición del fuego. A este fenómeno se le denomina comúnmente incendio en interface.

Esta expansión y desarrollo de zonas residenciales en terrenos silvestres, y hasta entonces sin habitar, se está configurando como uno de los mayores productores de incendios forestales en los finales del siglo XX.

En los E.E.U.U. se enfrentan con este problema de manera mucho más acuciante que en Europa. Pero sobre todo, es en estos últimos años cuando se ha hecho más patente. La gran cantidad de nuevas urbanizaciones y construcciones en zonas forestales responden al impulso de la población de "volver a la naturaleza". Por otra parte sus construcciones son distintas a las europeas. Mientras que en el viejo continente se hacen casas para que duren generaciones, en Norte América son muy abundantes, en las zonas rurales, las casas de madera con pocos años de uso. Este hecho, la llegada de las construcciones de madera, comienza a aparecer también a Europa.

Esta fiebre urbanizadora ya ha alcanzado a España y puede convertirse en un problema grave en pocos años. Dos son los motivos fundamentales, por un lado el notable incremento de estos asentamientos en zonas forestales con pocos o ningún tipo de autoprotección contra incendios y por otro la tendencia a construir cabañas prefabricadas de madera de estilo nórdico. Este último punto no se había planteado hasta la fecha en España, dada nuestra preferencia por la construcción clásica de piedra.

La solución de este problema es muy compleja y pasa por la utilización de tecnología y la adopción de acciones político-sociales para regular estos asentamientos y evitar el crecimiento de los incendios en interface.

Desde 1986 se está trabajando para evitar las pérdidas económicas y humanas producidas por el fuego en estas áreas, mediante un programa que pretende involucrar de forma activa a:

- Constructores
- Instituciones financieras
- Gobiernos locales
- Todos aquellos interesados en la protección de la interface.

De este programa ha salido un conjunto de puntos que resultan trascendentes:

1. Imposibilidad de los directores de extinción de predecir el comportamiento errático del fuego en las áreas de interface. En éstas aparecen estructuras de vegetación ornamental y combustibles silvestres mezclados. Las relaciones



entre las construcciones y la vegetación, diseño de edificación, materiales de construcción y terreno se añaden a la complejidad del comportamiento del fuego. Si ya en un incendio forestal su comportamiento es complejo, su respuesta en estas áreas de interface lo es aún mucho más. El efecto del fuego iniciado por pavesas (spotting) produce unos focos secundarios muy difíciles de predecir, debido a la diversidad de materiales quemados y a la inusual complejidad de los patrones del comportamiento del viento. Los focos secundarios son la principal causa de inicio de incendios en la interface.

2. Si el uso del fuego prescrito (quemadas controladas), como herramienta para reducir el riesgo de incendios es difícil por conceptos legales, políticos y ambientales, en estas zonas y en sus alrededores lo es aún más. La obligación financiera por daños a propietarios privados entremezclados con áreas silvestres hace que se tienda a evitar su utilización.

3. La mayor parte de los propietarios desconocen la amenaza del fuego. Las ordenanzas sobre seguridad en los incendios) normas de construcción son frecuentemente inadecuadas, incumplidas o ignoradas. Muchas zonas tienen carreteras estrechas o vías sin salida, sistemas de agua inadecuados, y edificios a menudo muy juntos, que no permiten eliminar la vegetación intermedia. Sin motivación para el cambio los propietarios actuales y futuros continuarán manteniendo esas condiciones peligrosas en las que viven.

4. El personal de extinción no está adecuadamente preparado para luchar contra fuegos urbanos mientras que los bomberos urbanos no están equipados y entrenados para la lucha contra incendios forestales. Sin embargo, el nuevo sistema de organización, para integrar personas y medios heterogéneos se ha demostrado muy efectivo precisamente en los incendios de interface, que fuerzan a menudo a colaborar a diferentes colectivos.

Actualmente son necesarios las siguientes acciones y medios:

1. Técnicas y estrategias para evaluar y controlar el riesgo de incendios en la interface.

2. Ayudas para la planificación, presupuestos y entrenamiento para aumentar las infraestructuras en la interface y asegurar una capacidad real de extinción de fuegos urbanos y forestales.

3. Vías para concienciar a propietarios, vendedores de terreno, corredores de seguros y planificadores locales sobre problemas y soluciones de los megos en la vegetación.

4. Conocimiento básico sobre el fuego, la física de los focos secundarios y el coronamiento de la interface.

5. Analizar el por qué se construyen casas en pendientes y en zonas altamente inflamables, así como la respuesta de la gente a diversas tácticas de información y concienciación dirigidas a reducir la vulnerabilidad de sus hogares.

La responsabilidad de la defensa contra incendios no puede ser asignada a un solo elemento de la sociedad, sino que llama al esfuerzo de un conjunto de organismos públicos y del sector privado.

- Planes de autoprotección.

Actualmente las medidas preventivas de carácter inmediato pasan por la elaboración de los planes de autoprotección, En estos se recogen las normas de seguridad, las infraestructuras y medios necesarios para combatir posibles incendios así como el plan de evacuación en caso de que fuera necesario.

A continuación se resumen los puntos básicos que contemplan estos planes.

- Establecen en el perímetro de la urbanización una zona aislante o de seguridad que estará compuesta por una faja cortafuegos y una faja auxiliar de unos 25 m, según las características estructurales de la misma (pendiente, vegetación ...).
- Las vías de acceso a la urbanización han de tener unas características que permitan el acceso de autobombas, tales como: evitar las rotondas sin salida y con radios inferiores a los 30 metros, pendientes no superiores al 12%, bocas de riego normalizadas cada 200 m etc.
- Las viviendas deben mantener una separación mínima (10m.). Se evitarán las acumulaciones de combustibles y maderas en las proximidades. Las chimeneas estarán provistas de una malla de acero y mata chispas.

## **Vertidos sólidos.**

Se entiende por vertedero controlado aquel emplazamiento donde se aplica una metodología de eliminación de basuras en tierra, por el que no se originan molestias ni riesgos para la salud o la seguridad pública. Deben seguir principios de ingeniería para depositar la basura en una zona apropiada en dimensiones, reducirla al volumen mínimo y recubrirla de tierra al término de cada jornada o con la frecuencia que sea más conveniente (Sociedad Americana de Ingenieros de Obras Públicas).

La mayoría de los vertederos actuales, sobre todo en las grandes ciudades, son controlados. Se aplican en ellos una serie de metodologías propias de la ingeniería con las que se consigue eliminar estos residuos, a la vez que se obtienen de ellos gran variedad de productos reciclados, compost (que servirá posteriormente como abono) e incluso aprovechamientos energéticos.

Además, estas quemas tienen una clara incidencia negativa en la problemática de incendios forestales, ya que muchos de estos municipios se encuentran ubicados en zonas forestales con alto riesgo de incendio forestal en verano. Básicamente la problemática que generan se puede sintetizar en los siguientes puntos:

1. Al producirse columnas de humo, se ocasionan numerosas falsas alarmas que movilizan continuamente a los medios de extinción. Este hecho produce carencias en el dispositivo contra incendios, ya que se distraen a los medios, que pueden encontrarse dispersos en los momentos clave.
2. Los Servicios contra incendios son requeridos cuando las condiciones de la quema de residuos plantean un serio peligro. Este hecho suele manifestarse en

situaciones en las que el número de incendios es elevado. El ya de por sí complejo problema de la simultaneidad de incendios, se ve agravado al tener que atender a estos basureros. De esta manera se pierden efectivos en situaciones que pueden resultar decisivas.

3. En otras muchas ocasiones los basureros "se escapan". En días de fuerte viento pueden llegar a ser arrastrados restos incandescentes como papeles o plásticos. El incendio se inicia si este medio de ignición cae en un punto donde los combustibles tengan una humedad básica baja.

Estos hechos vienen motivados fundamentalmente por carecer de las medidas de seguridad que marca la legislación española (Ley 81/1968, de 5 de diciembre, sobre incendios forestales y su Reglamento aprobado por Real Decreto 3769/1972, de 23 de diciembre así como diversas órdenes anuales de las distintas C.C.A.A.).

Las competencias en materia de incendios forestales actualmente están compartidas entre la Administración del Estado, con carácter básico, y las C.C.A.A. que podrán desarrollar esta legislación básica, por tanto son éstas las que regularán las medidas preventivas en esta materia. La Ley 81/1968 sobre Incendios Forestales tiene el carácter de legislación básica, pudiendo las distintas autonomías aprobar legislación de desarrollo al respecto. Sin embargo muchas C.C.A.A. no han legislado aún sobre el tema. Por este motivo, y por no enumerar todas y cada una de las distintas normativas autonómicas, se referirán las indicaciones que al respecto hace la mencionada Ley:

En su artículo 25 del Reglamento de la Ley de Incendios Forestales en su apartado j dice que se aislarán de vientos y a distancia suficiente, en un mínimo de .500m. Del arbolado, los basureros sitos en terrenos forestales, dotándoles de muros o zanjas cortafuegos.

Cumpliendo con esta normativa y, al menos, no quemando durante los días de fuerte viento, se evitaría en gran medida toda esta problemática que cada año viene a agravar el ya de por sí complicado problema de los incendios forestales. Resultaría además muy conveniente facilitar la ubicación de estos basureros en el área de vigilancia de cada puesto.

Los equipos de investigación de causas juegan un papel fundamental en este sentido. En una comarca, a partir de los datos acumulados sobre las causas de los incendios, resultará sencillo determinar aquellos vertederos que resultan conflictivos. El posterior análisis de las condiciones de los mismos determinará la solución o soluciones a aplicar. Estas serán, desde medidas sencillas como evitar las quemas en días peligrosos, a soluciones de mucha mayor complejidad y eficacia como la creación de un vertedero para la mancomunidad.

## **LINEAS ELECTRICAS.**

Los incendios forestales con causa atribuible a líneas eléctricas, en el último decenio, fueron los siguientes:

# Programa de Manejo del Fuego

AÑO	% DE INCEDIOS CO RESPECTO AL TOTAL	SUPERFICIE PORCENTUAL AFECTADA	NUMEO DE INCENDIOS
1986	0.5	0.2	40
1987	0.6	0.2	51
1988	0.4	0.3	41
1989	0.2	0.25	68
1990	0.5	0.31	60
1991	0.5	0.41	66
1992	0.5	0.21	78
1993	0.8	1.75	118
1994	1.0	11.59	186
1995	0.5	0.24	133
1996	0.7	1.26	112

Puede observarse que, comparativamente, las líneas eléctricas no son un elemento significativo de causa de incendios. Esto no es motivo para que no se tengan en cuenta y se olvide su incidencia. En 1994, más del 11 % de la superficie quemada tuvo como causa atribuida el efecto de las líneas eléctricas.

Cada año son más los incendios relacionados con ellas. Este hecho, muy posiblemente, está relacionado con el mayor conocimiento que hoy tenemos sobre las causas que producen los incendios forestales. Así, incendios que anteriormente no tenían una causa razonadamente atribuible, ahora se los relaciona con las líneas eléctricas. Es previsible que en el futuro esta tendencia se mantenga.

Los incendios producidos por las líneas eléctricas están asociados con dos circunstancias: las deficiencias en su mantenimiento y la insuficiente conservación de su faja de seguridad.

Deficiencias en la conservación del tendido eléctrico. Contacto entre conductores.

En este caso se produce un cortocircuito. Después de la separación de los conductores aparecerá un arco eléctrico inestable. En los puntos de anclaje del citado arco se alcanza una temperatura muy elevada, comprendida entre los 2500-2800°C, muy superiores a los puntos de vaporización de los metales constructivos del conductor.

La erosión del material debido a este arco eléctrico es variable según la potencia disipada en los puntos de anclaje. Ensayos realizados manifiestan que casi un 60% del material erosionado se convierte en vapor y el resto son partículas de metal fundido a alta temperatura que caen al suelo. El tamaño de estas partículas suele oscilar entre los 0,3mm y 1mm, siendo mucho más abundantes las primeras.

Para una altura reglamentaria de las líneas aéreas de alta tensión menores de 25 kW y de baja tensión, las partículas de diámetro inicial inferior a 0.5mm, se apagarán antes de llegar al suelo. Sólo tienen la posibilidad de alcanzar el suelo encendidas las partículas con diámetro inicial superior a 0,75mm.

En líneas de baja tensión este fenómeno puede producirse bajo la acción de ráfagas de viento. En líneas de alta tensión sólo puede darse en caso de incendio

ya iniciado y el humo o bien el aire caliente del incendio ioniza el aire provocando cortocircuito entre las fases.

En definitiva, resulta francamente difícil que se produzca un incendio por este motivo en una instalación en buenas condiciones, pudiendo darse en tendidos de baja tensión defectuosos o mal conservados.

Fuga de corriente a través de aisladores dañados o polucionados en postes de madera.

En alta tensión, un aislador de porcelana sucio conjuntamente con humedad producida por la lluvia o niebla, puede establecer contacto entre el conductor y el apoyo.

Rotura del conductor.

En tendidos de alta tensión, el contacto del conductor con el suelo provocará una elevación de la temperatura. Si la vegetación es del tipo ligero y la humedad básica es baja puede originarse el incendio.

Deficiencias en la conservación de la faja de seguridad asociada a la línea.

El Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de Alta Tensión, aprobado por Decreto del Ministerio de Industria 3151/1968 de 28 de Noviembre, establece en su Art. 35 (Paso por zonas), las distancias mínimas de los conductores a las masas de arbolado.

Precisa este reglamento, que se establecerá una distancia tal que, considerando los conductores en su posición de máxima desviación bajo la acción del viento, sea superior a un cierto valor. Este valor, función de la tensión nominal de la línea, viene dado por la expresión  $1,5+U/150$  metros. El valor mínimo de esta zona de corta de arbolado será de 2 metros.

Por otro lado señala que deberán ser cortados todos aquellos árboles que constituyan un peligro para la conservación de la línea, entendiéndose como tales los que, por inclinación o caída fortuita o provocada puedan alcanzar a los conductores.

Como colofón dice que el concesionario de la línea estará obligado a exigir periódicamente que se efectúen las operaciones de corta y poda necesarias en la zona de protección señalada.

Algunas comunidades autónomas, como la catalana, han establecido normativa al respecto que viene a ampliar la ya existente. El Decreto 64/1995 de 7 de Marzo sobre medidas preventivas para incendios forestales, establece que se han de aprobar unos planes trienales de limpieza y mantenimiento de la línea para su autorización.

El incumplimiento de esta normativa conlleva una situación de riesgo. Evidentemente resulta mucho más alta la probabilidad de que se inicie el incendio en los meses centrales del año. Esto es debido a que la humedad de los combustibles es sensiblemente menor durante el verano. Así, se requiere menos energía para inflamar el combustible.



Deficiencias en la conservación de la faja de seguridad. A esta situación se le asignaría un índice de riesgo de 1

Si se da el contacto intermitente con la vegetación debido a ráfagas de aire, es posible que se inicie el incendio. Si se produce un contacto permanente entre los conductores y la vegetación, caso de una caída de un árbol, existiendo una alta probabilidad de ignición se iniciará la combustión.

Resulta muy frecuente que el punto de inicio del incendio no se encuentre en el suelo, sino en altura, en el punto de contacto de la vegetación y el conductor.

Los equipos de investigación de causas contemplarán todos esos aspectos a la hora de iniciar sus investigaciones. Será preciso realizar una investigación completa y minuciosa para concluir que un incendio ha sido originado por una línea eléctrica.

En cuanto a la labor preventiva, deben realizarse los correspondientes inventarios de las líneas eléctricas que atraviesen zonas cubiertas de vegetación en nuestra comarca. A partir de ellos se observarán los posibles riesgos e incumplimientos de la normativa al respecto, asignándole un índice y haciéndolo saber al responsable de que esa situación se esté dando.

## **VÍAS DE COMUNICACION.**

Las carreteras y las vías férreas se configuran como el punto de inicio de numerosos incendios todos los años. El reglamento de la ley de incendios dice en su artículo 26 que las cunetas y zonas de servidumbre de caminos y vías férreas que crucen zonas forestales se mantendrán limpias en una anchura mínima de 2 metros que será de 10 metros en el caso de ferrocarriles cuando la abundancia de vegetación o la pendiente del terreno en ellos suponga peligro de incendio.

- Vías férreas.

El número de incendios atribuibles al ferrocarril durante el último decenio revela que este capítulo es poco significativo. Desde 1987 a 1996 en España no se han sobrepasado los 90 incendios anuales. Sin embargo y como sucede con otras causas, la tendencia es creciente, debido al cada vez mayor conocimiento que tenemos de las causas que provocan realmente nuestros incendios forestales.

El siniestro se desencadena, en la mayoría de los casos, en los tramos de frenada del tren. Se produce una gran emisión de virutas incandescentes, provenientes de las zapatas que al entrar en contacto con el matorral cercano causan el incendio.

La normativa ferroviaria establece las pautas para el mantenimiento de los trenes, sin embargo se ha detectado maquinaria en mal estado y que en consecuencia emitía una cantidad de virutas muy superior a la normal.

Resulta mucho más frecuente que no se respeten los bordes de la vía limpios, lo cual en los tramos de frenada resulta imprescindible.

En una comarca, la detección de este tipo de situaciones resulta sencilla a partir de los mapas de causalidad. Los incendios se suelen iniciar siempre en las



mismas ubicaciones cercanas a las vías y más concretamente en tramos de frenada como los que existen en las proximidades de las estaciones.

- Carreteras.

La problemática que se origina en las carreteras es diferente a la del ferrocarril. Los incendios originados por fumadores y lanzamientos pueden darse en ambos casos.

Sin embargo, el peligro en las carreteras viene dado por la accesibilidad que dan a los montes.

La mayor parte de los puntos de inicio de incendios intencionados están localizados cerca de emplazamientos de actividad humana. En este sentido, las carreteras y vías de acceso son de los más frecuentes ya que se prestan a una rápida huida.

El conocimiento, a través de la investigación de causas, de cuales de estas vías de acceso presentan un mayor número de incendios, permitirá orientar correctamente tanto las futuras investigaciones como las medidas preventivas.

Resulta imprescindible que las cunetas de las carreteras que atraviesan masas forestales se encuentren limpias de vegetación. No sólo para evitar que se produzcan fuegos a partir de lanzamientos, sino porque la extinción de los mismos es mucho más eficaz y segura apoyándose en pistas con las cunetas limpias. El Reglamento de la Ley de incendios obliga a ello así como las distintas Órdenes anuales que sobre Prevención de Incendios publican las distintas C.C.A.A.

## **TRABAJOS FORESTALES.**

Los trabajos forestales realizados durante la época de peligro ocasionan numerosos incendios cuando se ejecutan sin las medidas preventivas adecuadas. Los choques de elementos metálicos contra piedras, como pueden ser el disco de una desbrozadora o la pala de un bulldozer, producen chispas que pueden desencadenar el incendio.

Las medidas preventivas al respecto son difíciles de controlar, pues pasan por la profesionalidad de las brigadas que realicen estos trabajos. Se deben tomar una serie de precauciones básicas como evitar el arranque de las motosierras y desbrozadoras en el mismo emplazamiento donde se carga el combustible, etc.

Por otra parte, entre las herramientas que lleven las brigadas, resulta muy útil incorporar aquellas que faciliten la extinción de pequeños conatos que pueden ser rápidamente extinguidos por los propios operarios.

Las operaciones con maquinaria pesada durante la época de peligro resultan delicadas. Los trabajos de desembosque de madera, apertura de cortafuegos resulta muy conveniente que vayan acompañados por motobombas o al menos que algún medio de extinción pueda ser inmediatamente movilizado a la zona de trabajo de la máquina.

Por último, destacar la importancia de que dicha maquinaria mantenga todos sus elementos de seguridad en perfecto estado: mata chispas, extintores, etc.

## **ÁREAS RECREATIVAS.**

La localización como situación de riesgo de un área recreativa es bastante sencilla. Se podría decir, sin temor a equivocarnos, que es en estas instalaciones donde más medidas preventivas se han tomado.

Estas áreas funcionan como un foco atractivo de la actividad humana en los montes. Por este motivo, de una manera indirecta, son una buena herramienta preventiva contra los incendios forestales. Facilitando una demanda social como es el disfrute al aire libre de actividades lúdicas' culinarias se evitan muchas hogueras peligrosas, que de otra forma se harían en mitad del monte.

Deben mantenerse las siguientes precauciones:

- Eliminación de la hierba seca, hojarasca, pinocha o cualquier otro combustible fino muerto de los alrededores de cocinas y barbacoas. Se rozará también el matorral)' se podarán las ramas de los árboles al menos hasta una altura de 3 metros. En un radio de unos 10 metros se eliminará un 60% del matorral.
- Si las condiciones del emplazamiento lo requieren se habilitará un cortafuegos como protección.
- Habilitación de más de una vía de acceso y evacuación de 5 metros más arcenes.

## **LA LUCHA INTEGRAL CONTRA INCENDIOS FORESTALES A TRAVÉS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAUSAS Y LA CONCILIACIÓN DE INTERESES.**

De lo visto hasta ahora podemos extraer una serie de conclusiones. Por un lado, el investigador ocupa una posición privilegiada para acometer labores preventivas dado su conocimiento preciso de las causas que realmente producen los incendios en su comarca de actuación .. A partir de los datos acumulados se pueden organizar una serie de actuaciones con el objetivo de que incendios repetidos durante muchos años, e incluso décadas, puedan ser definitivamente erradicados.

Una comarca determinada que tenga solventadas las seis situaciones de riesgo vistas, reduciría sustancialmente su número de incendios. Pero no quiere decir que éstos dejen de iniciarse. Para que esto suceda, es decir para que el número de incendios coincida aproximadamente con las causas naturales, han de contemplarse otra serie de factores.

Estas seis situaciones de riesgo son, quizá, las más representativas, pero, resulta muy probable que según vaya avanzando la investigación de causas en España, éstas sean más numerosas y queden mejor perfiladas. De esta manera, se conseguiría una prevención cada vez más eficaz.

Dejando a un lado la parte delictiva de los incendios forestales, otro de los grandes aspectos que se debe abordar en materia de prevención, junto con las situaciones de riesgo, es el de los colectivos de riesgo. El ejemplo más claro

lo constituyen los ganaderos, que utilizan profusamente el fuego como herramienta pastoral.

Las medidas a tomar frente a estos colectivos pasan, en casi todas las circunstancias, por dar una solución razonable a su necesidad de quemar. Esto es lo que se está dando en llamar "lucha integral contra los incendios forestales". Esta metodología consiste en una planificación anual en el ámbito comarcal, o como mucho provincial, en la que se realiza un análisis completo de la problemática. Este estudio se hace a través de los datos de los partes de incendios de años anteriores y de la experiencia de la guardería y personal de extinción. Evidentemente este análisis será tanto más perfecto cuanto mayor y más preciso sea el volumen de datos.

Las experiencias en este sentido en las provincias de Zamora y Valencia, demuestran la gran receptividad de estos colectivos a la organización, por personal especializado y en épocas de bajo riesgo de incendio, de quemas controladas. Estas deben encuadrarse dentro de las medidas encaminadas a la conciliación de intereses. Estas medidas reducen considerablemente una serie de quemas descontroladas que, de otra forma, se realizan clandestinamente con mucho mayor riesgo para el monte.

A partir de esta metodología se elimina en gran medida la necesidad de quemar durante el verano y un gran número de los incendios de primavera. Esta técnica de quemas controladas ya es mencionada y estimulada en la propia Ley de Incendios desde 1968. Han sido realizadas numerosas investigaciones al respecto, pero pocas aplicaciones prácticas. Esto debe motivar que el empleo de esta herramienta, tan subestimada en el pasado, venga, cada vez más, en ayuda de la conservación, aun cuando a muchos les resulte increíble esta colaboración.

Por otra parte la persecución y sanción de los colectivos de riesgo se ha mostrado claramente ineficaz. Por un lado resulta complicado probar el hecho punible, por otra, aplicando la actual legislación, habría que "crear una cárcel para pastores". Las demandas de este colectivo y la lucha contra incendios forestales, tradicionalmente enfrentadas, deben conciliar sus muchos intereses.

Una vez que se ha dado salida a esta necesidad del colectivo, resultarán mucho más fácilmente perseguibles, administrativa o penalmente, aquellos individuos que persistan en mantener una actitud agresiva contra la naturaleza.

A large, faint, stylized graphic in the background. It features a green silhouette of a tree on the left and a series of overlapping, flame-like shapes in blue, yellow, and red on the right, suggesting fire. The text is centered over this graphic.

**CAPACITACIÓN EN OBRAS Y  
ACCIONES DE REFORESTACIÓN**

**COORDINACIÓN GENERAL DE  
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN**

## Gerencia de Reforestación

### Conceptos básicos.

#### La Restauración forestal

Objetivo: Apoyar la ejecución de acciones y proyectos para la recuperación de la cobertura forestal, y la conservación y restauración de suelos ubicados en cuencas con terrenos forestales y preferentemente forestales con procesos de deterioro, con el fin de contribuir a disminuir estas condiciones, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar la capacidad de provisión de los servicios ambientales o prevenir la pérdida de suelos o de servicios ambientales.

Población potencial: Se define como terrenos forestales y preferentemente forestales con degradación de suelos o áreas perturbadas por incendios, enfermedades, plagas forestales, desastres naturales. Los terrenos deberán tener menos de un 20% de cobertura de copa y encontrarse ubicados en cuencas de importancia ecológica.





## **Componente del PRONAFOR.**

De acuerdo a Reglas de Operación 2013 el Componente III Restauración y Conservación opera con el concepto de apoyo siguiente:

### **B1. Restauración Forestal**

Este concepto establece las modalidades y submodalidades de apoyo siguientes:

#### **B1.1 Restauración integral:**

B1.1.1 Conservación y restauración de suelos

B1.1.2 Reforestación

B1.1.3 Protección de áreas reforestadas

#### **B1.2 Restauración complementaria:**



B1.2.1 Conservación y restauración de suelos

B1.2.2 Reforestación

### **B1.3 Mantenimiento de zonas restauradas:**

B1.3.1 Mantenimiento de áreas reforestadas

B1.3.2 Mantenimiento de obras y prácticas de conservación de suelos.

### **Fuera de Reglas de Operación.**

También contempla la reforestación social a la par de los apoyos vía subsidio.

Bajo este concepto se tiene:

La dotación gratuita de planta forestal de viveros oficiales o de terceros para su establecimiento.

No incluye costos directos por transporte o para su establecimiento, mantenimiento o protección.

Participan Gobierno Federal, de los Estados y Municipales, Instituciones educativas, así como ONG´s, Organizaciones Civiles e iniciativa privada a través de acuerdos interinstitucionales o programas.

Convenios o contratos entre particulares para producir planta forestal y/o realizar la reforestación.

Queda sujeta a acuerdos entre particulares siempre y cuando cumplan con las disposiciones aplicables.

### **Temario**

Reforestación.

Selección del sitio.

Elección de las especies.

Germoplasma forestal y producción de planta.

Trabajos previos y diseños de plantación.

Establecimiento, buenas prácticas de reforestación.

Acciones complementarias a la reforestación.

Mantenimiento de áreas reforestadas.

Reposición de planta.

Rehabilitación de cajetes.

Control de malezas.

Fertilización.

Protección de áreas reforestadas. Cercado.

Brechas cortafuego y líneas negras.

## **Reforestación**

Selección del sitio.

Hacer recorridos de campo para conocer y analizar cuidadosamente las características del predio.

Determinar factores adversos del medio ambiente a los que habrá que enfrentarse para lograr una reforestación efectiva.

Georreferenciar al predio para obtener un polígono que nos indique el área disponible para la reforestación.

Considerar que no cuente con arbolado que sobrepase un 20% de la cobertura de copa mediante una inspección visual de la copa proyectada en el suelo, de ser así entonces se requiere otro tipo de manejo distinto a la restauración.

En caso de existir manchones de arbolado dentro del predio con esta limitante se deberá excluir del proyecto, georreferenciado solamente el área que reúna las condiciones para realizar la reforestación

## **Reforestación**



Áreas con degradación de suelos o afectadas por plagas o enfermedades

Áreas afectadas por incendios o desastre naturales



## Reforestación



Cobertura de copa mayor a 20%

Superficie apta para la Restauración



## Reforestación

### Elección de especies

Conviene elegir las especies predominantes y preferentemente nativas en la región que mejor se adapten a las condiciones actuales del ecosistema en cuanto a suelo, clima, topografía, disponibilidad de agua y vegetación natural.

## Germoplasma y Producción de planta

Que se conozca el origen del germoplasma y se encuentre plenamente identificado.

Producción y disponibilidad de planta forestal en calidad y oportunidad, realizar monitorizaciones periódicas a viveros. Extracción, empaque y transporte adecuados.

La planta entregada físicamente deberá ser la misma que la recepción en cuanto a cantidad, calidad y especies.

Cobertura de copa mayor a 20%

Manejo adecuado de la planta postvivero, transporte al sitio cuidados básicos (resguardo).

## Reforestación

### Obtención de Germoplasma

Para seleccionar las fuentes semilleras es necesario:

- □ Buscar □ las zonas mejor conservadas.



# Programa de Manejo del Fuego

- Las plantaciones que se conozca la procedencia de su germoplasma.
  - > Ejemplares de interés fenotípicamente superiores al promedio de la zona, en que tengan una caracterización cualitativa y cuantitativa de acuerdo con el objetivo de la reforestación.



## Reforestación

Sistemas de producción: Contenedores, bolsa polietileno y raíz desnuda



Reforestación

Producción de planta y abastecimiento.

La calidad de la planta es uno de los factores que condicionan el éxito de la plantación. Los parámetros que debe tener una planta producida en vivero para que sea considerada de calidad antes de salir

Tipo de planta	Diámetro del tallo	Altura de la planta	Raíz	Micorrizas	Lignificación	Vigor	Integridad	Sanidad
Conífera no cespitosa	Mínimo 4mm	15 a 25 cm	Con un eje central y raíces bien distribuidas , sin raíces envolventes o creciendo hacia arriba. Sin malformaciones o nudos y abundantes puntos de crecimiento,	Cobertura en pellón mínima del 40%	2/3 Partes del tallo principal, evitar plantar excesivamente alta y delgada	Color del follaje propio	Plantas completas sin daños físicos o mecánicos ( no rotas)	sin iteraciones sin morfológicas libres de plagas y enfermedades
Conífera cespitosa	Mínimo 6mm	No aplica				Una planta vigorosa	Que no	

Latifoliadas	Mínimo 4mm	20 a 35 cm	abarcando el 70 u 80% del cepellón.	No visible a simple vista	a es más resistente al manejo o y traslado	se ladeen con su propio peso	De aspecto vigoroso
--------------	------------	------------	-------------------------------------	---------------------------	--	------------------------------	---------------------

## Reforestación

En esta etapa los beneficiarios se abastecen de la planta que se va a utilizar, sin olvidar que la forma en que ésta sea transportada al sitio de plantación es un factor que repercutirá en el establecimiento de la misma. Por lo anterior se tomará una serie de recomendaciones para lograr que la planta, al ser llevada a campo, llegue en condiciones óptimas para ser establecida. Dichas recomendaciones son:

\*Aplicar un riego a la planta previo a la extracción, para facilitar ésta e inmediatamente realizar comenzar el empaquetado.

\*Las maniobras de extracción de la planta y su embalaje deben realizarse bajo Techo.



## Reforestación



# Programa de Manejo del Fuego

El tiempo que transcurra entre la extracción de la planta de los contenedores y su embalado debe ser preferentemente menor a un minuto.

En tanto los beneficiarios acudan al vivero a recoger su planta, los paquetes deben estar colocados en posición vertical, en espacios sin problemas de encharcamiento y con las condiciones para facilitar su riego y mantenimiento.

El tiempo que trascurra entre la extracción de la planta del vivero y su plantación no debe ser mayor a cinco días para evitar condiciones de estrés.

En tanto se traslade al sitio de la plantación, la planta debe quedar protegida bajo la sombra de algún árbol, tapanco o similar. No se recomienda resguardarlas en bodegas o espacios cerrados.



## Reforestación

### Manejo Postvivero, transporte.

No encimar las charolas, contenedores, huacales, paquetes o bolsas uno con otro ni colocar objetos sobre las plantas.

La descarga se hará en un lugar plano, teniendo cuidado con los movimientos bruscos que pudieran originar pérdida de tierra del cepellón.

Al hacer la distribución en el terreno se toman los contenedores, huacales, paquetes o bolsas por las orillas, nunca del tallo de la planta.



## Reforestación

El transporte de la planta del vivero al lugar de la reforestación debe hacerse con mucho cuidado para evitar daños al tallo, raíz y al mismo envase. Para prevenir posibles daños se recomienda seguir las siguientes recomendaciones indicaciones:

Procurar que las distancias del vivero al área de plantación sean cortas.

Para el traslado de la planta se deberá elegir una hora determinada para evitar que las plantas sean expuestas directamente al sol y a corrientes de aire, durante el traslado se deben evitar movimientos bruscos.

Transportar la cantidad óptima de planta por viaje de acuerdo con las características del vehículo de transporte, sin sobrecargarlo para evitar daños.



## Reforestación

Trabajos previos y diseño de plantación.

El objeto de preparar el sitio antes de la reforestación es mejorar las condiciones del suelo para asegurar una mayor sobrevivencia y facilitar las labores de plantación.

Facilitar la accesibilidad del predio

Limpieza del terreno de maleza o rastrojos.

Preparación del terreno, mecánica o manual.

El diseño de plantación dependerá de las condiciones topográficas así como de las obras o prácticas de conservación y restauración de suelos implementadas previamente en el predio, las cuales nos determina el espacio disponible para esta actividad.

Sistema en marco real.

Tres bolillo o irregular.

También el espaciamiento entre las plantas puede ser equidistante o irregular, pero debe cumplirse con las densidades promedio (cantidad de plantas por hectárea) de acuerdo con el tipo de ecosistema y especie.

## Reforestación

### Marco real

En este de diseño las plantas se colocan formando cuadros o rectángulos. Se recomienda utilizarlo en terrenos planos o con pendientes menores a 20 por ciento. En el caso de reforestaciones con fines productivos (plantaciones forestales comerciales), se recomienda utilizar este diseño por el manejo que se le puede dar a la plantación (deshierbes, riegos, fertilización, otros).

### Tres bolillos

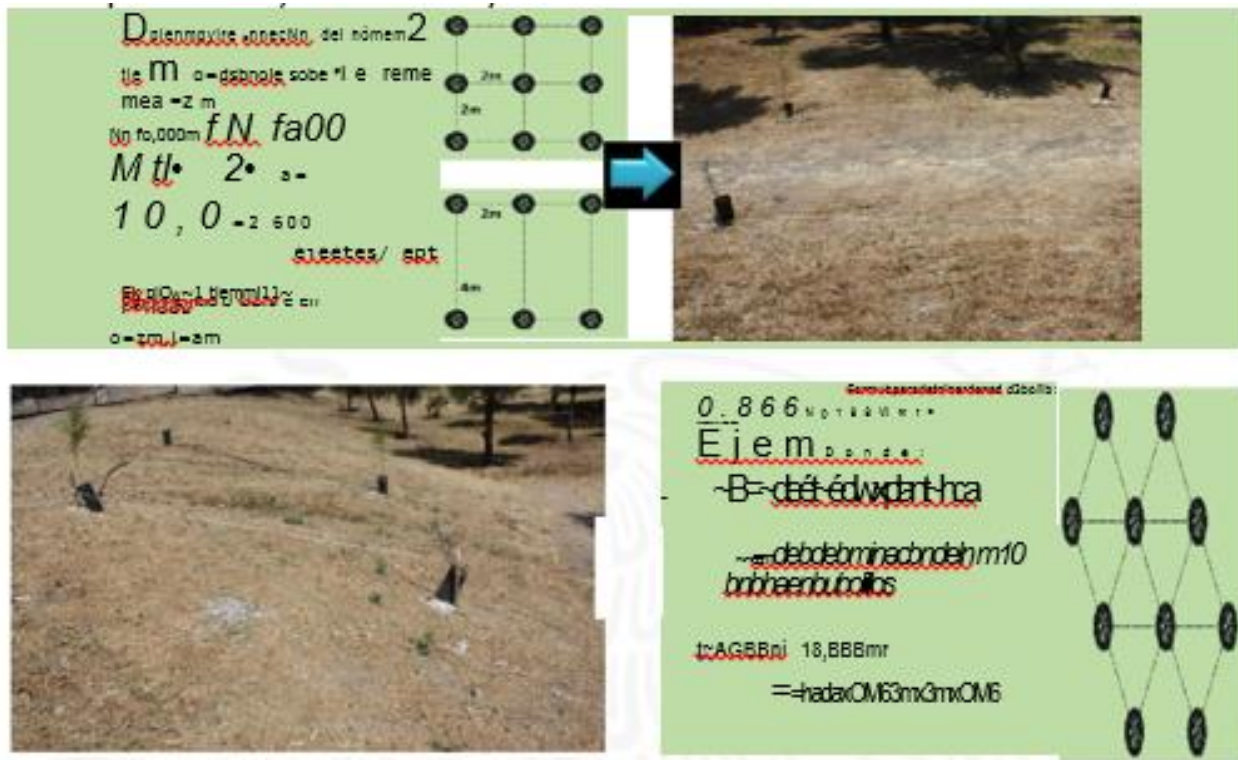
Las plantas se colocan formando triángulos equiláteros (lados iguales). La distancia entre planta y planta dependerá del espaciamiento que la especie demande al ser adulta. Este arreglo se deberá utilizar en terrenos con pendientes mayores a 20 por ciento, aunque también se puede utilizar en terrenos planos. Las líneas de plantación deberán seguir las curvas de nivel. Con este tipo de diseño se logra minimizar el arrastre de suelo y a su vez aprovechar los escurrimientos.

Ancho (metros) hectárea (10,000 m <sup>2</sup> )	Largo (metros)	10,000 m <sup>2</sup> (plantas/)
	21.73	2,500
2.5 d	2.165	1,600
3	2.598	1,111
3.5	3.031	816
4	3.464	625



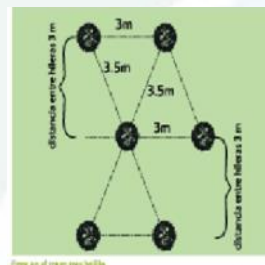
## Reforestación

### Diseño de plantación, marco real y tres bolillo.

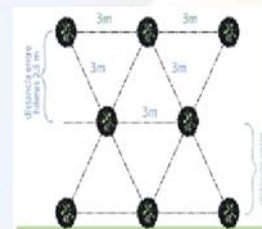


## Reforestación

Un error frecuente en el trazo tres bolillo es considerar que la distancia entre líneas de plantación debe de ser igual a la distancia entre arboles cuando se hace de esta manera la distancia que existe entre arboles intermedios es mayor que la distancia que le corresponde, tal como se observa en el siguiente esquema:



En contraste, la forma de realizar una plantación de este tipo es de la manera siguiente:



## Reforestación

Diseño para la reforestación con respecto a la obra de suelo



Barreras de piedra en curvas de nivel

Zanja bordo



## Reforestación

Zanja trinchera



Acomodo de material vegetal muerto

## Reforestación

Establecimiento y buenas prácticas de reforestación.

Para el establecimiento de la plantación, dependiendo del sistema a utilizar y la superficie a reforestar, se emplean diversos tipos de herramientas y maquinaria para la apertura de cepas y llevar a cabo la reforestación con mayor eficiencia y economía, asimismo dependiendo del sistema de producción de la planta será las dimensiones y características de la cepa.

- Es importante considerar la experiencia en actividades de reforestación por parte de los ejecutantes. En caso de identificar deficiencias en alguno de los factores es necesario implementar acciones de capacitación práctica que ayuden a mejorar las actividades de reforestación.
- Preferentemente se debe realizar un cajete una vez que ha sido plantada para favorecer la captación de agua.

## Reforestación



**Acciones complementarias a la reforestación**

**Mantenimiento.**



## **Reposición de planta.**

Se repondrán las plantas que no sobrevivieron al primer año de establecimiento, cuando la sobrevivencia total en el predio sea del 50 % o mayor.

## **Rehabilitación de cajetes.**

Para mejorar la captación de agua y romper la compactación del suelo circundante a la planta se deberá de rehabilitar los cajetes que se realizaron al momento de la reforestación del ciclo anterior.

## **Control de malezas.**

Para reducir la competencia entre la planta y otras especies no deseadas se deberá controlar las malezas circundantes, pudiendo ser de forma manual, mecánica o química. Y el método puede ser de forma dirigida al área del cajete, en franjas o siguiendo las líneas de la reforestación.

## **Fertilización.**

Como apoyo al mantenimiento se deberá realizar la fertilización de la planta reforestada. Uno de los métodos es la aplicación dirigida al cajete, empleando fertilizantes granulados, una condicionante es que exista suficiente humedad en el suelo al momento de realizar la actividad.

## **Acciones complementarias a la reforestación**



**Reposición de planta, Rehabilitación de cajetes y control de malezas**



## **Acciones complementarias a la reforestación**

### **Protección. Cercado**

Se deberá proteger la reforestación del pastoreo mediante la utilización de alambre de púas y postes preferentemente metálicos, ahogados en cepas cementadas o enterradas. Se debe establecer los postes a una distancia máxima entre ellos de 4

metros y deberá llevar mínimo 4 hilos de alambrado. Se deberá exclusivamente proteger el área reforestada de acuerdo al polígono proyectado.

## **Brechas cortafuego**

Se deberá realizar la apertura de brechas cortafuego en todo el perímetro o cerca del predio reforestado, pudiendo ser de forma manual o mecánica, esta deberá ser de 2 o más metros de ancho.

## **Acciones complementarias a la reforestación**

### **Cercado con alambre de púas**



## **Acciones complementarias a la reforestación**

Brechas cortafuego y líneas negras





## Errores comunes al momento de la plantación

En ocasiones se cometen errores al plantar que provocan la muerte de los árboles. Por lo mismo, se sugiere tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:



Nunca se debe plantar un árbol con la bolsa de plástico, porque se obstruye el desarrollo de las raíces.



## Errores comunes al momento de la plantación

Si la cepa se hace poco profunda, las raíces podrían quedar en la superficie, con lo que el árbol se deshidratará.

En otro caso, el árbol puede quedar inclinado, lo que provocará un crecimiento deforme o su muerte.

Al cubrir el tallo con demasiada tierra se resta vigor a la planta y se le dificulta el acceso del agua, por lo que puede morir o tener un desarrollo raquítico



## Formación de Compensación

### Ambiental por CUSTF

#### Objetivo del Curso

Proporcionar los  
técnicos

la formulación de un proyecto de compensación ambiental que resulte técnicamente viable económicamente factible.

## Proyectos de



Si la cepa se hace muy profunda y el tallo del árbol queda muy hundido, se asfixiará.

conocimientos  
indispensables para

¿Qué es la compensación ambiental por cambio de uso del suelo?

Compensar, significa igualar en sentido opuesto el efecto de una cosa con el otra, es decir dar algo o hacer un beneficio en resarcimiento del daño o disgusto que se ha



# Programa de Manejo del Fuego

causa por ejemplo si una persona rompe la taza de otra, compensar significa que el que rompió la taza, le dé una taza nueva para compensar la que rompió.



¿Qué es la compensación ambiental por cambio de uso del suelo?

Como en el ejemplo de la taza rota, la compensación ambiental por cambio de uso del suelo, significa reponer o igualar los árboles, el suelo y otros servicios perdidos por el cambio de uso del suelo.







# Programa de Manejo del Fuego

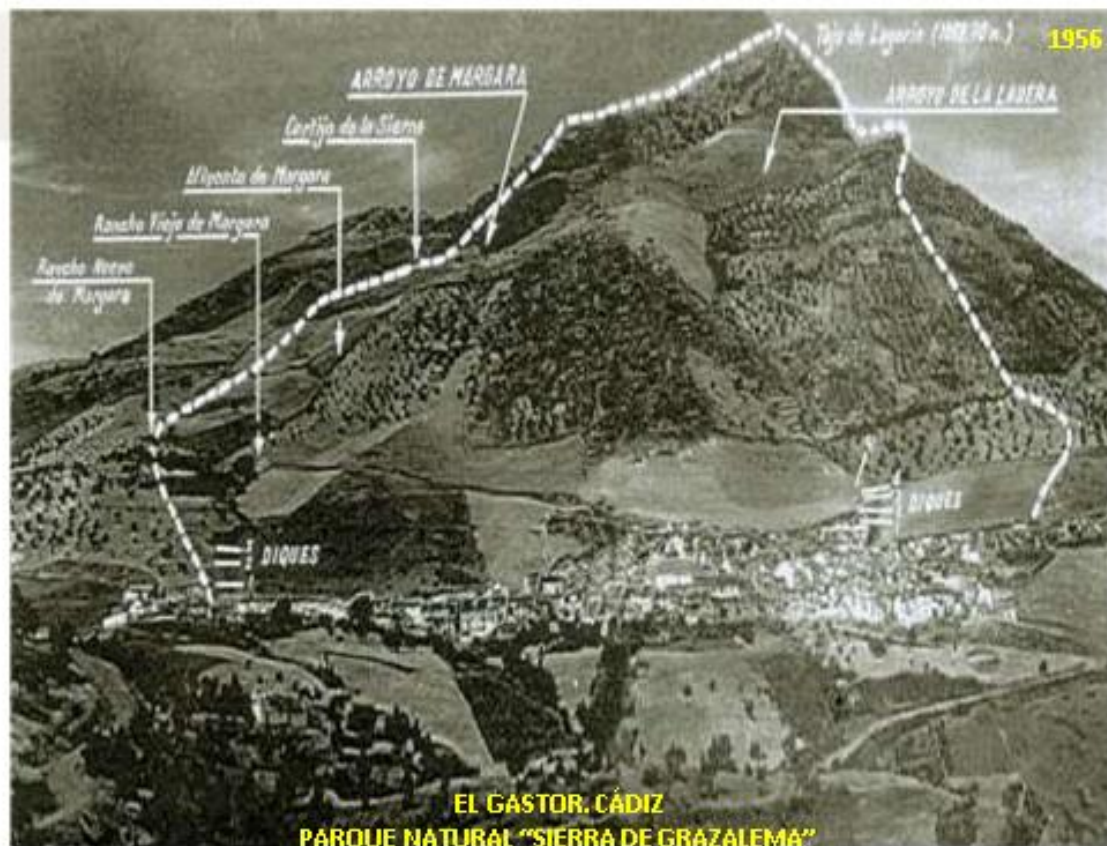




**Ejido El Huérfano,  
Bocoyna, Chihuahua**







# Programa de Manejo del Fuego

**Vistas desde el aire**



**Vistas desde tierra**



**EL GASTOR. CÁDIZ**  
**PARQUE NATURAL "SIERRA DE GRAZALEMA"**



# Programa de Manejo del Fuego

**Vistas desde el aire**



**Vistas desde tierra**



**Vistas desde el aire**



**Vistas desde tierra**



## ¿Cómo deben ser los Proyectos de Compensación Ambiental?

### DATOS GENERALES ( I - VII)

- Título, que deberá ser corto e informativo
- Número de hectáreas a restaurar y monto solicitado.
- Datos del responsable técnico del proyecto (nombre y grado académico, cédula o certificación, experiencia profesional en proyectos de esta naturaleza, teléfono, correo electrónico, en su caso)
- Empresa o institución en donde labora, puesto, domicilio y teléfono particular).
- Datos del ejecutor (nombre, domicilio, teléfono particular y en su caso correo electrónico).
- Resumen del trabajo propuesto que no exceda de media página.
- Objetivo general y objetivos particulares claramente relacionados con la compensación ambiental.
- Antecedentes del trabajo, indicar si el anteproyecto tiene algún avance y cuáles, si se han realizado trabajos similares con otros programas, o si se basa en información existente resultado de otros trabajos similares en la zona.

### DATOS DE REFERENCIA

#### DATOS DEL PREDIO

##### (Caracterización)

■ Ubicación Geográfica y Política – Sin Especificaciones...

##### Clima

##### Suelo

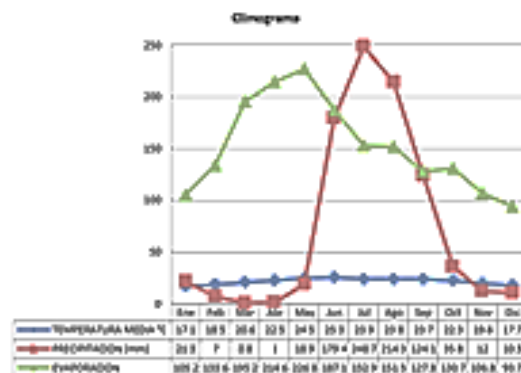
■ Coordenadas de todos los vértices del predio en proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) sus características y geográficas a decimales de segundo y Plano a escala mínima 1:5,000 o mayor.

Profundidad de suelo.

Textura.

- ☐ Precipitación media mensual
- ☐ Lluvia máxima en 24 horas (últimos 10 años)
- ☐ Temperatura media mensual
- ☐ Eventos climáticos extraordinarios (heladas, granizo, etc.)

##### CLIMOGRAMA





## DATOS DEL PREDIO (Caracterización)

### Topografía

- Pendiente en %
- Plano que muestre la topografía específica de la zona donde se llevara el proyecto, con curvas de nivel cada 5 metros cuando menos
- Señalar los ríos o cárcavas existentes en el terreno

Cuadro d. Topografía.	
Topografía	%
Plano	3
Ladera baja	27
Ladera int.	32
Ladera arriba	37
Loma	1
Barranca	0
Valle	0
Terraza	0
Ondulación	0

### Vegetación

- Tipo de Vegetación.
- Principales especies, especies enlistadas en la NOM 021.
- Comportamiento en la estructura de la vegetación. Siempre verdes, composición leñosa, etc.

Asociación <i>Pinus durangensis</i> - <i>Quercus sideroxyla</i>		
Características fisonómicas	Bosque irregular; altura dominante hasta , diámetro 50-; se presenta en exposiciones norte, en suelos someros, oscuros, pedregosos y con abundante materia orgánica.	
Composición florística	Estrato arbóreo	Superior <i>Pinus durangensis</i> , <i>Pinus ayacahuite</i> variedad <i>brachyptera</i> , <i>Pinus arizonica</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> variedad <i>glauca</i> y <i>Quercus sideroxyla</i> . Inferior <i>Arbutus glandulosa</i> , <i>Quercus crassifolia</i> , <i>Alnus acuminata</i> , <i>Juniperus deppeana</i> variedad <i>robusta</i> y <i>Pinus teocote</i> .

- Descripción y localización de cárcavas. Numero y Tamaño.
- Estimación del suelo perdido. (EUPS).
- Factores causales de la degradación.
- Erosión eólica ( en caso de presentarse).

## PROPUESTA TÉCNICA

### . Obras Suelos

**Objetivo.** Control de la degradación de suelos.

- Obras a realizar y su descripción técnica (manual de protección, conservación de suelos forestales)
- Ubicación de la obras en un plano.

Por cada obra deberá desglosar:

- Dimensiones, distanciamientos (Densidades), tipo de material y/o maquinaria necesaria.
- Rendimientos por Jornal
- Costos por unidad de medida y por superficie.

## PROPUESTA TÉCNICA

### . Reforestación.

- ✓ Especies a utilizar
- ✓ Sistema de plantación
- ✓ Densidad de Plantación
- ✓ Obras de protección de la reforestación
- ✓ Mantenimiento
- ✓ Costos de la reforestación

■ Características biológicas de la planta que se usará para la reforestación y justificación de su costo, así como los métodos de transporte al sitio donde se efectuará la reforestación.

## PROPUESTA DE ASESORÍA TÉCNICA

**Asesoría**

### técnica

Descripción de cada una de las actividades a realizar durante la ejecución del proyecto, así como desglose de los conceptos y consideraciones que justifiquen los montos solicitados.

?

Concepto o actividad	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Total (\$)
Depreciación del equipo técnico a utilizar en la ejecución del proyecto (Computadora, impresora, GPS, Cámara fotográfica digital, clinómetros, flexómetros, etc.)	Lote	1	5,000.00	5,000.00
Depreciación del vehículo (camioneta pick up)	Vehículo	1	4,000.00	4,000.00
Mantenimiento del vehículo (camioneta pick up)	Servicio	1	2,500.00	2,500.00
Combustible	Litro	600	8.00	4,800.00
Papelería y consumibles	Paquete	1	2,000.00	2,000.00
Viáticos responsable del proyecto	Día	30	200.00	6,000.00
Viáticos auxiliar técnico	Día	10	200.00	2,000.00
Honorarios responsable del proyecto 30 días de trabajo en campo y 20 días de trabajo en gabinete	Día	50	360.00	18,000.00

## PROGRAMA Y PROCEDIMIENTO DE EJECUCION.

- ✓ ☐ Procedimiento para la ejecución del proyecto.
- ✓ ☐ Programa de trabajo calendarizado mensualmente. (calendario MENSUAL).

## PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

La ejecución de dicho proyecto se desarrollará en varias etapas que se describen en los siguientes párrafos.

La primera etapa comprende la capacitación de los productores para la realización adecuada de las obras de conservación de suelos y de protección como lo es el cercado. Una vez capacitados los participantes, se procederá a ejecutar los trabajos antes citados. Todo esto se pretende llevar a cabo durante el transcurso del año 2009, como se muestra en el cuadro de calendario de ejecución de actividades.

Una segunda etapa comprende la capacitación para la apertura de terrazas individuales y para el establecimiento de la reforestación. Todo esto durante los meses del año 2010.

En la tercera etapa se contempla realizar el riego y mantenimiento de la plantación para garantizar una sobrevivencia de cuando menos el 85%.

## INDICADORES, RESULTADOS Y BENEFICIOS.

□ Indicadores de progreso y éxito.

□ Resultados, productos y beneficios que se obtendrán con la ejecución del proyecto.

### 3.11. BENEFICIOS ESPERADOS.

Con la ejecución del presente proyecto se pretende compensar por cambio de uso de suelo, 55 hectáreas del ecosistema templado- frío, con los siguientes beneficios ambientales:

Controlar y detener un problema de degradación.  
Aumentar la productividad del sitio.  
Aumentar la infiltración y flujo de aguas subterráneas.  
Reducción de erosión hídrica.  
Reducir velocidad de escurrimientos.  
Mejorar el microclima.  
Aumentar la superficie de captación de agua de lluvia.  
Retención de espumas.  
Favorecer la acumulación de sedimentos favorables para el establecimiento de cobertura vegetal.  
Retener humedad.  
Disminuir el acúmulo de cuerpos de agua.  
Recarga de manantiales acuíferos.

Además se estarán generando alrededor de 15 empleos temporales, con aproximadamente 5,500 jornales.

## MONITOREO.

□ Propuesta de Monitoreo.

COBERTURA VEGETAL

Levantamiento de datos en transectos antes y después de las lluvias

SUELO DESNUDO

Evaluación aumento o disminución de suelo desnudo cada 3 meses.

VIDA SILVESTRE

Observación de aves, transectos para evaluar aumento o disminución de mamíferos, etc.

RETENCION DE SEDIMENTOS

Medición de cantidad de sedimentos captados por medio de estaca graduada

## **PRESUPUESTO Y TIPO DE RECURSOS.**

✓ ☐ Recursos

Materiales, financieros, humanos e institucionales.

✓ ☐ Presupuesto.

Tabla con las actividades del proyecto (TODAS), sus costos unitarios y totales. Puede incluirse el IVA a las que corresponda.

## **¿Cómo debe ser un proyecto de compensación ambiental?**

El proyecto deberá enfocarse básicamente a plantear la mejor alternativa para la restauración del terreno, detallando el tipo de obras y la ubicación en el lugar, las labores de preparación del terreno y mantenimiento, deshierbes, fertilización, en fin, realizar un traje a la medida de acuerdo a las condiciones específicas de cada predio.

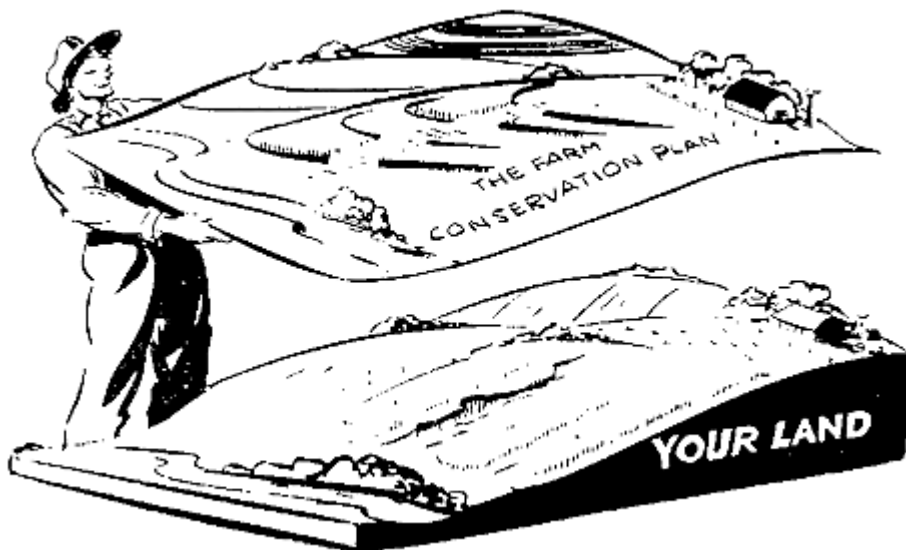
## **Restauración de suelos en una hectárea tipo**

# Programa de Manejo del Fuego



## Conservation Planning

USDA - Natural Resources Conservation Service





## 9-Steps of Conservation Planning



### Collection and Analysis

1. Identify Problems
2. Determine Objectives
3. Inventory Resources
4. Analyze Resources

### Decision Support

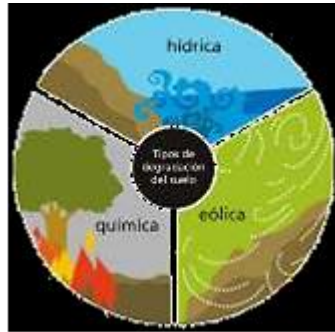
5. Formulate Alternatives
6. Evaluate Alternatives
7. Make Decisions

### Application

8. Implement Plan
9. Evaluate Plan



## 15.- Evaluación de la Degradación del Suelo.



### OBJETIVO

“Producir una evaluación global, científicamente creíble de la degradación del suelo causada por el hombre en el menor tiempo posible, conscientes de la falta de datos y de la existencia de un conocimiento incompleto” (ISSS, 1987).

GLASOD (1990)

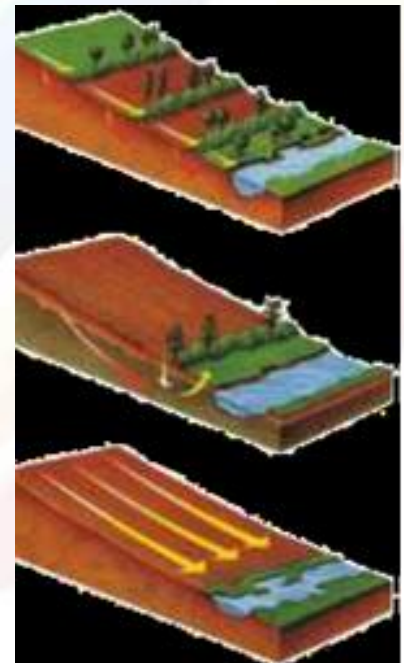
ASSOD (1997)



Assesment of the Status of Human-Induced Soil Degradation (Estimación del estado de la Degradación del Suelo Inducida por el Hombre)

### CONCEPTOS BASICOS

1. Procesos de degradación /Tipos de Degradación
2. Grados ó niveles de afectación



3. Porcentaje de afectación
4. Factores causativos
5. Tasas de Degradación

Es 3.55(+)<sub>a</sub>





## NIVEL DE AFECTACIÓN

**(1) Ligero.** Presentan alguna reducción apenas perceptible en su productividad.



**(2) Moderado.** Con una marcada reducción en su productividad



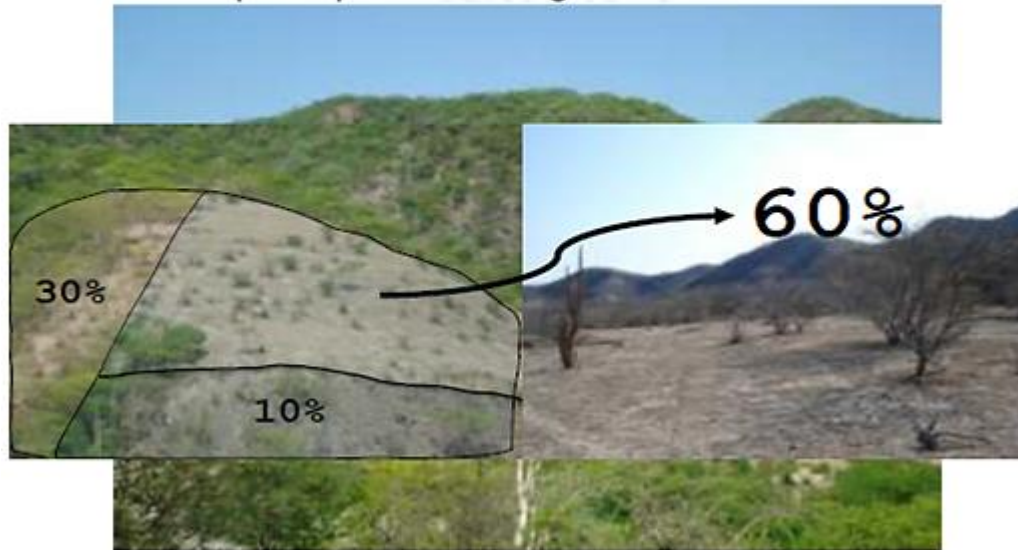
**(3) Fuerte.** Se requieren grandes trabajos de ingeniería para su restauración

**(4) Extremo.** Terrenos irrecuperables



## % DE AFECTACIÓN

Entendiéndose como el % de la unidad cartográfica, que esta afectado por el proceso de degradación



## FACTORES CAUSATIVOS

### Actividades Agrícolas (a)

- Labranza
- Agroquímicos
- Abonos
- Riegos
- Aguas residuales
- Quemadas

### Sobreexplotación de la vegetación para consumo (e)

- Carbón
- Leña
- Cercos

### Deforestación (f)

- Cambios de uso
- Tala
- Incendios

### Sobrepastoreo (g)

- Ganado en exceso

### Actividades Industriales (i)

- Minas abandonadas
- Canteras
- Extracción de materiales
- Desfogues de industrias
- Derrames petroleros
- Basureros





## TASA DE DEGRADACIÓN



+ Degradación  
0 Sin cambios  
- Recuperación



### TERRENOS ESTABLES

#### Naturalmente (SN)

- Áreas sin degradación aparente



(Casi) ausente la influencia humana sobre la estabilidad del suelo y gran cobertura de la vegetación no disturbada. Algunas de estas áreas pueden ser altamente vulnerables a pequeños cambios que afectan equilibrio natural.

#### Por el hombre (SH)

- Áreas reforestadas
- Terrazas



Esta influencia puede ser pasiva es decir, sin medidas especiales que tienden a mantener la estabilidad del suelo, o activa, a través de la implementación de acciones que tienen por objeto el prevenir o revertir la degradación (Áreas Naturales Protegidas)

Regiones áridas montañosas (IIUm)

Afloramientos Rocosos (IIUr)

Dunas Costeras (IIUc)

Planicies Salinas (IIUz)

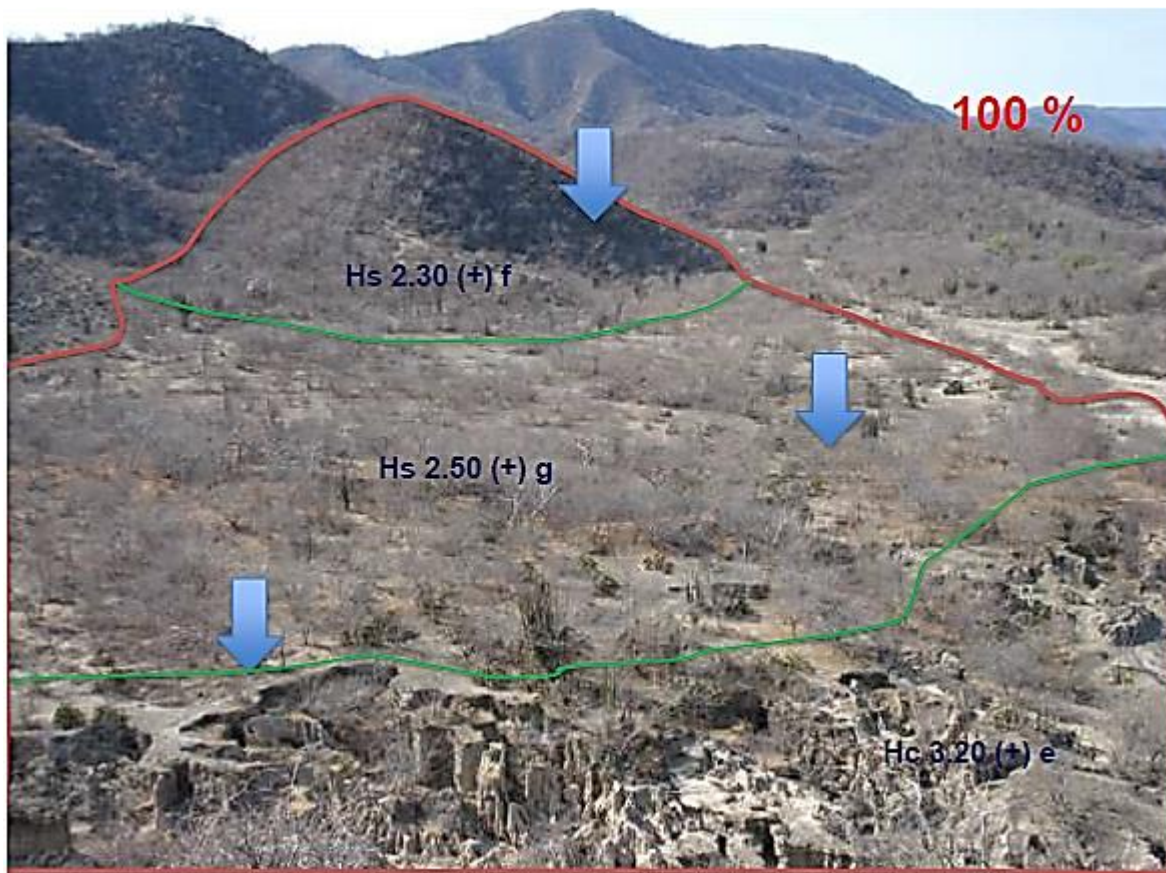


## SÍMBOLO CARTOGRÁFICO

Hs 3.50(+)a

- Hs: Erosión hídrica, por deformación del terreno (cárcavas)
- 3: Nivel de Afectación Severa
- 50: Extensión afectada por el proceso degradativo (50%)
- (+): área con degradación
- a: Factor causativo de la degradación (Actividades agrícolas).





## Calculo de la Erosión por la EUPS

### GERENCIA DE SUELOS

Curso: "Elaboración de Proyectos de Compensación Ambiental"



## Erosión del Suelo

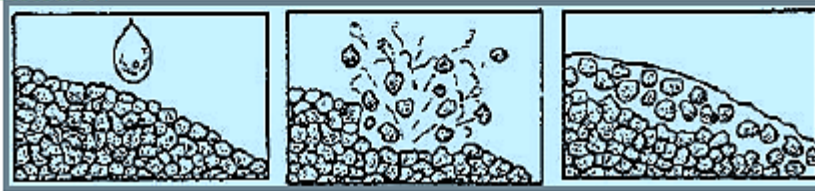
- La erosión es el desprendimiento y movimiento de las partículas de suelo por efecto de las fuerzas erosivas (viento o agua). El suelo es desprendido y transportado de un lugar y depositado en otro. Aunque la erosión puede controlarse, es imposible detenerla completamente.

Es un proceso que se da en tres etapas

Desprendimiento (Impacto de la gota sobre la superficie del suelo)

Transporte (Escorrentía superficial)

Deposición



- Las actividades humanas pueden romper el equilibrio natural que se establece entre la formación del suelo y la pérdida del mismo.

- La actividad agrícola
- Pastoreo
- Actividad forestal
- Construcción de caminos



## Agentes de la Erosión

La erosión se diferencia en función del agente que la causa:

### Erosión por agua (hídrica)

Se combina la energía de la lluvia y el escurrimiento superficial



### Erosión eólica (viento)

Remueve suelo y vegetación natural y causa deterioro de la estructura del suelo



## Formas de Erosión

### Erosión laminar

Remoción del suelo en capas delgadas por el impacto de las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial.

Puede ser un muy efectivo en el proceso de erosión, debido a que puede cubrir grandes áreas. Puede remover gradualmente nutrientes y materia orgánica.

### Erosión en canalillos

Es la remoción del suelo por el flujo concentrado del agua en pequeños surcos o arroyuelos.

## Tipos de Erosión

### EROSIÓN POTENCIAL

Es la erosión que se presentaría si a un suelo se le retirara la vegetación y estuviera arado permanentemente.

Pero si este suelo tiene una cubierta vegetal a lo que llamamos "Factor de manejo y Cobertura" y además se le adicionan "Prácticas Mecánicas de Conservación de Suelos" obtenemos otro valor de erosión a lo que llamamos:

### EROSIÓN ACTUAL

Es la cantidad de suelo en Ton/Año que se pierde bajo el manejo normal del productor ( $A=RKLSCP$ ).



## **Formas de medir la Erosión Clavos y rondanas**

- Se ubican clavos y rondanas cada cierta distancia (10,20 50 m) o en cuadrícula
- Se colocan clavos de 30 cm de largo y se entierran hasta la cabeza del clavo
- A intervalos regulares (meses o días) y mide la distancia del clavo al suelo
- Se calcula la pérdida de suelo promedio para un área determinada

## **Lotes de Escurrimiento**

- Se selecciona un área representativa de donde se desea estimar la pérdida de suelo
- Se construyen lotes de 2 x 22 m, con láminas, tablas o cualquier otro material
- En la parte baja del lote se coloca un tanque graduado en litros de una capacidad tal que pueda almacenar los escurrimientos provenientes del lote
- Después de cada tormenta se mide el volumen escurrido y se toman de tres a cinco muestras de un litro
- Se filtra la muestra y se determina el peso de los sedimentos que acarreo, se multiplica por el volumen escurrido y se obtiene la cantidad de suelo perdido en el lote
- Se suman las pérdidas de suelo para cada tormenta en el año y se obtiene el suelo perdido anualmente

## Tipos de Erosión

### EROSIÓN POTENCIAL

Es la erosión que se presentaría si a un suelo se le retirara la vegetación y estuviera arado permanentemente.

Pero si este suelo tiene una cubierta vegetal a lo que llamamos "Factor de manejo y Cobertura" y además se le adicionan "Prácticas Mecánicas de Conservación de Suelos" obtenemos otro valor de erosión a lo que llamamos:

### EROSIÓN ACTUAL

Es la cantidad de suelo en Ton/Año que se pierde bajo el manejo normal del productor ( $A=RKLSCP$ ).|

## Ecuación Universal de Pérdida de Suelo:

Es un modelo matemático utilizado para estimar la cantidad de suelo perdido en un área, debido a la erosión laminar y en canalillos.

El modelo es el siguiente:



$$A = R K L S C P$$

Donde:

A= Es el promedio anual de pérdida de suelo (ton/ha/año).

R= Es el factor de erosividad de la lluvia (MJ mm/ha hr).

K= Es el factor de erosionabilidad del suelo (ton ha hr /MJ mm ha)

L= Es factor longitud de la pendiente (Adimensional)

S= Es el factor grado de pendiente (Adimensional)

C= Es el factor manejo de cultivo y cobertura (Adimensional)

P= Es el factor de prácticas mecánicas de control de erosión (Adimensional).

FACTOR EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (R)

Es la capacidad potencial de la lluvia para causar erosión, se mide por medio de índices, uno de ellos es  $EI_{30}$  el cuál, se define como:

$$EI_{30} = (E)(I_{30})$$

Donde:

$EI_{30}$  es el índice de erosividad para un evento (M Umm/hahr).

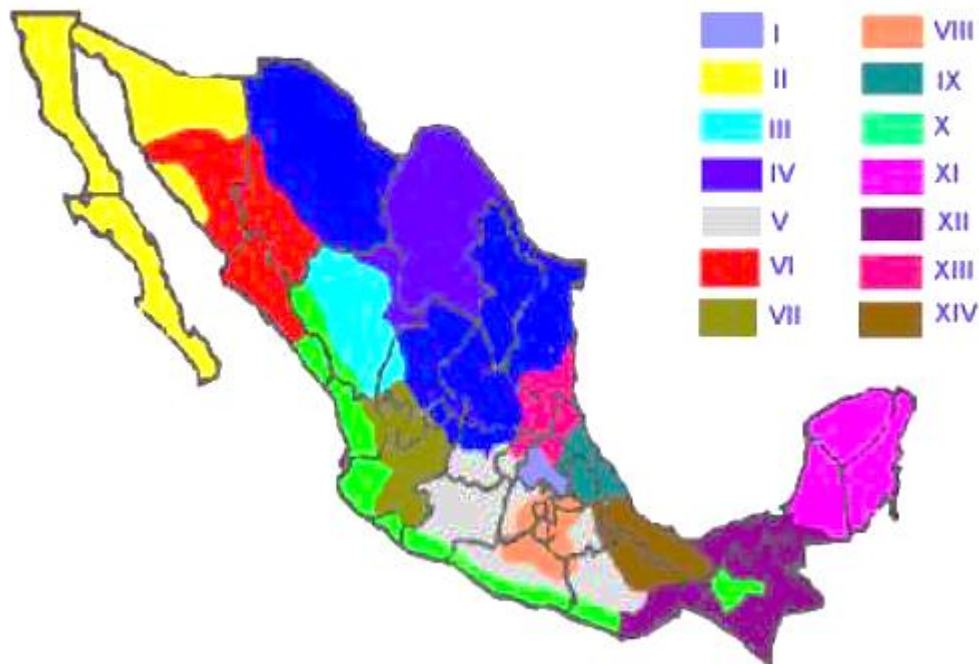
E= Es la energía cinética total de la lluvia (MJ/ha)

$I_{30}$  = Es la intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos (mm/hr).

## Ecuaciones que estima el EI30

REGIÓN	ECUACIÓN	R2
I	$Y=1.2078X + 0.002276X^2$	0.92
II	$Y=3.4555X + 0.006470X^2$	0.93
III	$Y=3.6752X + 0.001720X^2$	0.94
IV	$Y=2.8959X + 0.0002983X^2$	0.92
V	$Y=3.4880X + 0.000188X^2$	0.94
VI	$Y=6.6847X + 0.001680X^2$	0.90
VII	$Y=-0.0334X + 0.006661X^2$	0.98
VIII	$Y=1.9967X + 0.003270X^2$	0.98
IX	$Y=7.0458X - 0.0002096X^2$	0.97
X	$Y=6.8938X + 0.000442X^2$	0.95
XI	$Y=3.7745X + 0.0004540X^2$	0.98
XII	$Y=2.4619X + 0.006067X^2$	0.96
XII	$Y=10.7427X - 0.001008X^2$	0.97
XIV	$Y=1.5005X + 0.002640X^2$	0.95

## Regiones de erosividad de la lluvia en México.



Se realizó una regionalización de las estaciones meteorológicas del país con el fin de definir áreas con régimen hídrico similar.

Para la región de Colima, Col., le corresponde la siguiente ecuación:

$$\text{REGION X} \quad Y = 6.8938X + 0.000442X^2$$

$$Y = E_{130} \text{ anual (MJ.mm/ha.hr)}$$

$$X = \text{Lluvia anual en mm.}$$

## Erosionabilidad de los Suelos

Es la susceptibilidad de un suelo a ser erosionado

El factor **K** se define como la tasa de pérdida de un suelo por cada unidad adicional de  $E_{130}$  cuando L,S,C y P permanecen constantes y son iguales a 1.

Puede ser calculada mediante mediciones de la pérdida de suelo en el campo.

Está influenciada por algunas propiedades de los suelos, tales como:

- Textura
- materia orgánica
- estructura del suelo
- óxidos de hierro y aluminio
- uniones electroquímicas
- contenido inicial de humedad
- procesos de humedecimiento y secado.



Valor de erosionabilidad en función de la unidad de suelo y su textura (t.ha.hr/ha.MJ.mm).

TEXTURA			
ORDEN	G	M	F
A	0.026	0.040	0.013
Af	0.013	0.020	0.007
Ag	0.026	0.040	0.013
Ah	0.013	0.020	0.007
Ao	0.026	0.040	0.013
Ap	0.053	0.079	0.026

## Longitud e Inclinação de la Pendiente

Es el factor de la topografía en la erosión

+ A mayor longitud del terreno en el sentido de la pendiente, mayor erosión.

+ A mayor inclinación de la pendiente, mayor erosión.

El efecto combinado de LS se calcula mediante la formula:

$$LS = (\lambda / 22.1)^m \left[ \frac{(0.43) + (0.3) (P) + (0.04) (P)^2}{6.613} \right]$$

$\lambda$  = Longitud de pendiente en metros

P = Pendiente en por ciento (%)

### Erosión Potencial

Es la erosión que se presentaría si a un suelo se le retirara la vegetación y estuviera arado permanentemente.

Es resultado de los factores RKLS

### Cálculo de la Erosión Potencial

Para una lluvia anual de 846 mm

$$R = 3.4880(846) - 0.000188 (846)^2$$

$$R = 2816$$

Para un suelo andosol ocriceo de textura media

$$K = 0.040$$

Para una pendiente de 15% y una longitud de 70 m

$$LS = \{(70 / 22.1)^{0.5} (0.43) + (0.3) (15) + (0.04) (15)^2\} / 6.613$$

$$LS = 2.31$$

Erosión Potencial

$$R = 2816 * 0.040 * 2.31$$

$$R = 260 \text{ ton/ha.año}$$

## Factor de Manejo y Cobertura (C)

Incluye el efecto de combinado de las variables de manejo y cobertura.

Depende de la combinación entre cobertura secuencia de cultivos y prácticas de manejo de un lugar.

También depende del estado de crecimiento y desarrollo de la cobertura vegetal en el momento en que actúa el agente erosivo.

### Factor C para terrenos forestales no perturbados

% de Cobertura aérea por árboles y arbustos	% de cobertura por mantillo de mas de 5 cm de espesor	Valor del Factor C
100-75	100-90	0.0001-0.001
85-75	85-75	0.002-0.004
40-20	70-40	0.003-0.009

Cultivo y práctica	Factor C
Suelo desnudo	1
Bosque o matorral denso con mantillo	0.001
Sabana o pradera en buenas cindiciones	0.01
Pradera sobrepastoreada	0.1
Maíz alto rendimiento laboreo convencional	0.20 a 0.50
trigo	0.10 a 0.4
Palmera, cafeto cocotero con cubierta herbácea	0.10 a 0.30

# Factor de Prácticas de Manejo.

Se refiere al uso de prácticas mecánicas que reducen el agua de escurrimiento.

Los más importantes son: surcado al contorno, el cultivo en fajas al contorno y los sistemas de terrazas. Para lo cuál existen tablas.

## Valor de P para algunas prácticas

Práctica de control	Valor de P
Cultivo a nivel pendiente 0 a 2 %	0.60
Cultivo a nivel, pendiente 3.5 a 9%	0.60
Cultivo a nivel, pendiente 10 a 12 %	0.60
Cultivo a nivel, pendiente 20 a 25%	0.90
Terrazas de banco	0.14
Terrazas de banco a contrapendiente	0.05
Bancales a nivel con retención de agua	0.01
Cordones a nivel	0.30

## Erosión Actual

Para un bosque denso y con mantillo y con acordonamiento de material los valores de C y P son los siguientes:

$$C = 0.001$$

$$P = 0.30$$

La erosión actual es la siguiente:

$$E = 260 * 0.001 * 0.30$$

$$E = 0.08 \text{ ton/ha/año}$$



**APLICACIÓN EN MICROCUENCAS**

**Caso El Josefino**



# Programa de Manejo del Fuego

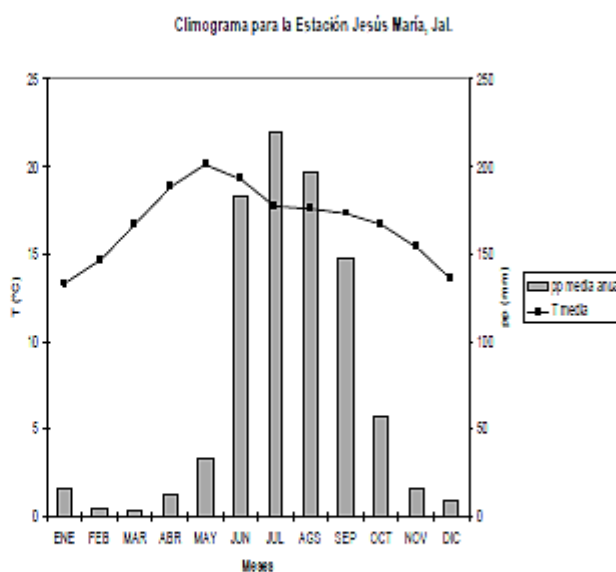
- Generar estrategias de manejo y conservación de suelo y agua a partir de la evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre.
- Proponer alternativas de manejo para la reducción de la pérdida de suelo a niveles aceptables dentro de el área de estudio, a partir de una jerarquización de zonas prioritarias de manejo.

## UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA EL JOSEFINO.



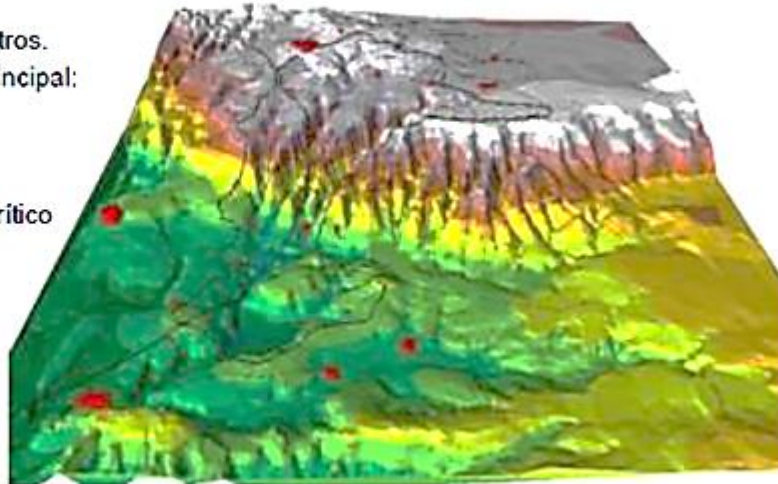
Ubicada dentro de los Municipios de Jesús María, Jalisco y de Manuel Doblado en el Estado de Guanajuato, tiene una superficie total de 6726 ha.

Meses	Est. Jesús María		Est. Manuel Doblado	
	T media	pp	T media	pp
ENE	13.3	21.60	12.7	11.9
FEB	14.6	7.42	14.2	2.4
MAR	16.7	3.14	16.6	4.4
ABR	18.8	10.76	19.4	12
MAY	20.1	38.56	21.3	28
JUN	19.3	164.54	21	146.3
JUL	17.7	237.85	19.6	165.5
AGS	17.6	183.68	19.4	169.3
SEP	17.3	133.29	18.8	130.4
OCT	16.7	59.04	17	34.6
NOV	15.4	12.52	15	10.1
DIC	13.6	9.13	13.2	8.7
ANUAL	16.7	881.51	17.3	723.6



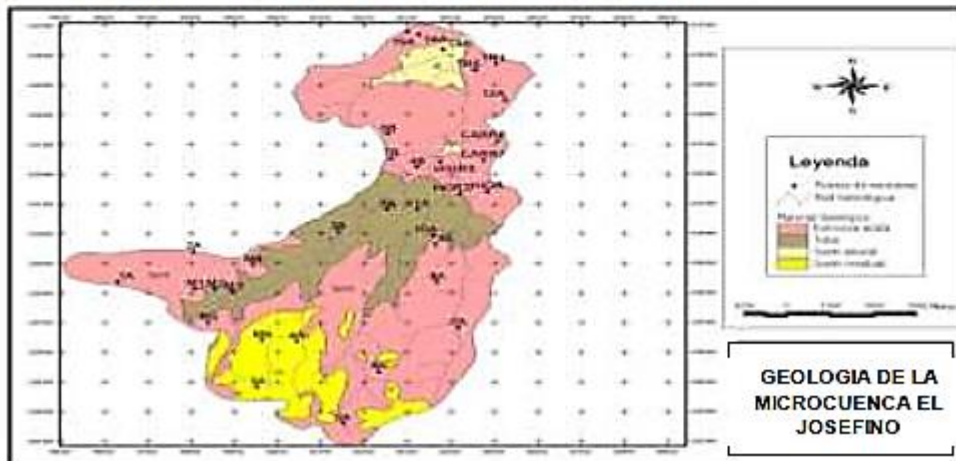
## CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Superficie: 67.26 Km<sup>2</sup>
- Perímetro: 48.24 Km
- Altitud media 2200 metros.
- Longitud del Cauce Principal: 15.24 Km
- Pendiente del Cauce Principal: 5.24%
- Tipo de drenaje: Dendritico



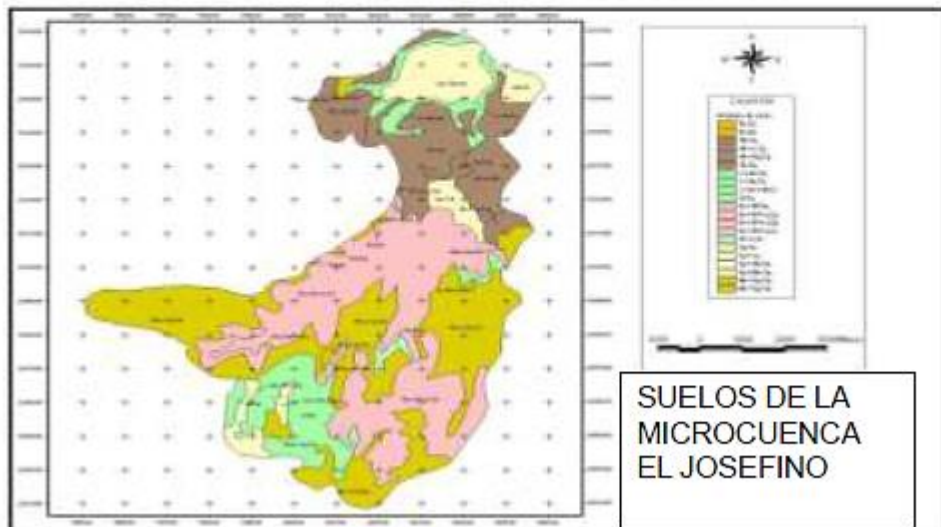
La geología de una microcuenca es de suma importancia ya que determina propiedades físicas de los suelos como la textura, densidad aparente, profundidad, pendiente, entre otros, los cuales influyen en la capacidad de retención de agua, además cada material parental influye en la infiltración del agua hacia los mantos acuíferos.

La mayor parte de la zona cuenta con materiales de baja permeabilidad : tobas y material extrusivo ácido, que influenciarán suelos delgados y de textura gruesas a media. Además existen suelos productos de la depositación de las partes altas.

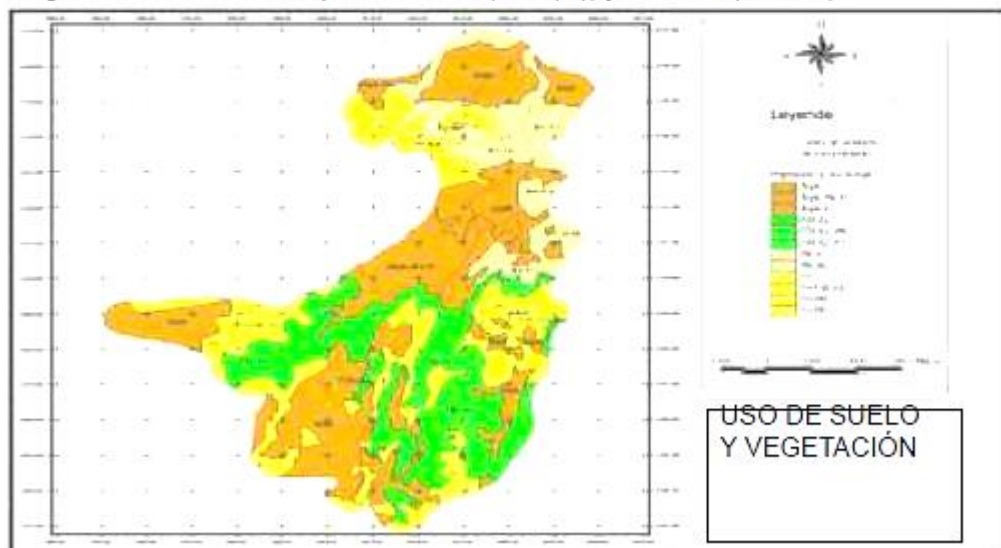


# Programa de Manejo del Fuego

Los principales suelos peresentes en la microcuenca: regosol, planosol,vertisol, feozem, muestran texturas medias, escasa inclinación de las pendientes y suelos delgados con presencia de capas impermeables propiciando una lenta infiltración y que un alto contenido de la lluvia precipitada escurra, sin embargo dependiendo de las características de la lluvia, del tipo y cobertura de la vegetación, determinarán el coeficiente de escurrimiento de cada uno de los suelos presentes.



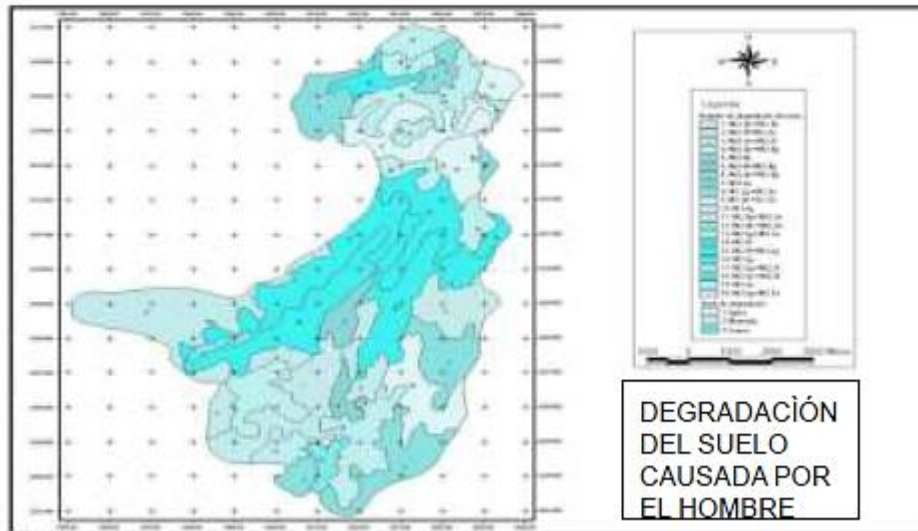
Se practica agricultura de temporal (AtpA), en la mayor parte de la microcuenca, ya que se aprovechan los suelos planos y de escasa pendiente, pero también existen grandes extensiones de pastizales (Pn, Pi), dedicadas al pastoreo de ganado vacuno principalmente, siendo un problema causante de la degradación no solo de estas zonas, sino de otros tipos de vegetación como de bosque de encino (FBL (Q)) y matorral (Ms, Me).





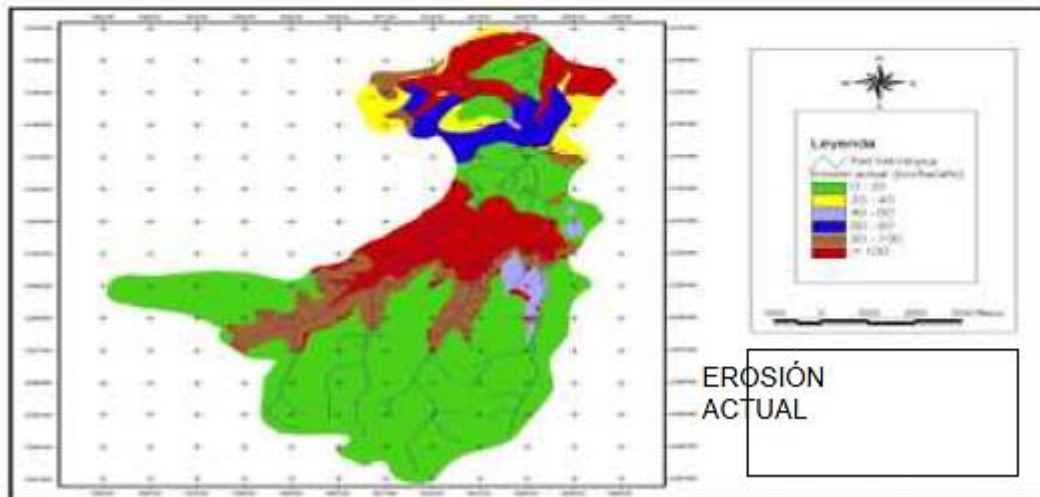
# Programa de Manejo del Fuego

El principal tipo de degradación del suelo es la erosión hídrica, las principales factores causativos son el cambio de uso del suelo, sobrepastoreo, deforestación y la sobreexplotación de los recursos con fines domésticos.



Al aplicar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo se obtuvo que en promedio en la microcuenca se tiene una pérdida de suelo de 30 ton/ha, encontrándose que las partes donde se presenta n las mayores pendientes es donde las pérdidas de suelo superan incluso las 100 ton/ha, se puede observar también que más de la mitad de la superficie presenta una pérdida menor a 20 ton/ha, la cual podría considerarse como permisible.

Es importante considerar que este movimiento de suelo no implica que todos los sedimentos producidos saldrán de la microcuenca, pues normalmente el 1-5 % alcanza a salir.



# Programa de Manejo del Fuego

## PROPUESTA DE MANEJO

Suelos con  
Erosión  
Laminar Ligera.

Erosión  
Hídrica  
Laminar  
Moderada

Clave	Obras a Realizar	Costo Unitario (\$/ha)	Superficie por Obra (ha)	Costo (\$)
1	Presas de costales	702.00	36.43	25,573.86
	Presas de piedra acomodada	1,122.00	36.43	40,874.46
	Zanja trinchera	1,725.00	36.43	62,841.75
	Cercos vivos	1,000.00	36.43	36,430.00
2	Presas de costales	702.00	12.45	8,739.90
	Presas de grocostales	1,230.00	12.45	15,313.50
	Presas de ramas	1,081.00	12.45	13,483.35
	Presas de piedra acomodada	1,122.00	37.34	41,895.48
	Barreras de piedra	1,150.00	14.93	17,169.50
	Presas de piedra acomodada	1,122.00	9.20	10,322.40
3	Presas de malla de alambre	1,543.80	3.93	6,067.13
	Cajetes	1,778.00	2.81	4,996.18
	Barreras de piedra	1,150.00	2.82	3,243.00
	Presas de malla de alambre	1,543.80	38.13	58,865.09
4	Presas de morillos	1,015.00	38.13	38,701.95
	Presas de piedra acomodada	1,122.00	38.13	42,781.86
	Zanja bordo	1,725.00	57.20	98,670.00
	Cercos vivos	1,000.00	57.20	57,200.00
	Presas de piedra acomodada	1,122.00	11.48	12,880.56
5	Presas de morillos	1,015.00	11.48	11,652.20
	Presas de malla de alambre	1,543.80	11.49	17,738.26
	Presas de piedra acomodada	1,122.00	80.79	90,646.38
	Presas de malla de alambre	1,543.80	34.62	53,446.36
6	Terrazas de formación sucesiva	1,970.00	80.79	159,156.30
	Cajetes	1,778.00	17.31	30,777.18
	Barreras de piedra	1,150.00	17.31	19,906.50
	Presas de piedra acomodada	1,122.00	132.68	148,866.96
7	Presas de malla de alambre	1,543.80	56.86	87,780.47
	Cercos vivos	1,000.00	3.65	3,650.00
8	Cajetes	1,778.00	3.65	6,489.70
	Cercos vivos	1,000.00	54.84	54,840.00
9	Agroforestería	930.00	54.84	51,001.20
	Zanja bordo	1,725.00	109.70	189,232.50
10	Zanja trinchera	1,725.00	105.74	182,401.50
	Cercos vivos	1,000.00	52.87	52,870.00
	Cajetes	1,778.00	52.87	94,002.86

## PROPUESTA DE MANEJO

Erosión Hídrica  
en Cárcavas  
Ligera y  
Moderada.

Erosión Hídrica en  
Cárcavas Severa

11	Zanja trinchera	1,725.00	89.46	154,318.50
	Barreras de piedra	1,150.00	38.34	44,091.00
	Presas de piedra acomodada	1,122.00	25.56	28,678.32
12	Presas de piedra acomodada	1,122.00	24.05	26,984.10
	Presas de malla de alambre	1,543.80	10.31	15,916.58
	Terrazas de formación sucesiva	1,970.00	17.18	33,844.60
	Cajetes	1,778.00	8.59	15,273.02
	Barreras de piedra	1,150.00	8.59	9,878.50
13	Zanja trinchera	1,725.00	69.10	119,197.50
	Cajetes	1,778.00	69.10	122,859.80
	Barreras de piedra	1,150.00	69.10	79,465.00
	Cercos vivos	1,000.00	69.10	69,100.00
14	Acorrido de material vegetal en curvas a nivel	750.00	25.12	18,840.00
	Agroforestería	930.00	25.12	23,361.60
	Zanja bordo	1,725.00	25.12	43,332.00
	Zanja trinchera	1,725.00	274.45	473,426.25
15	Cajetes	1,778.00	58.81	104,564.18
	Barreras de piedra	1,150.00	58.81	67,631.50
	Zanja bordo	1,725.00	70.03	120,801.75
16	Cajetes	1,778.00	70.03	124,513.34
	Zanja trinchera	1,725.00	70.02	120,784.50
	Barreras de piedra	1,150.00	70.02	80,523.00
	Cercos vivos	1,000.00	12.81	12,810.00
17	Cajetes	1,778.00	12.81	22,776.18
	Barreras de piedra	1,150.00	12.82	14,743.00
	Presas de piedra acomodada	1,122.00	3.84	4,308.48
	Zanja trinchera	1,725.00	32.35	55,803.75
	Cajetes	1,778.00	32.35	57,518.30
	Barreras de piedra	1,150.00	32.36	37,214.00
18	Cercos vivos	1,000.00	32.35	32,350.00
	Presas de piedra acomodada	1,122.00	90.57	101,619.54
	Presas de costales	702.00	19.41	13,625.82
	Presas de malla de alambre	1,543.80	19.40	29,949.72
	Cajetes	1,778.00	13.28	23,611.84
19	Barreras de piedra	1,150.00	13.27	15,260.50
	Acorrido de material vegetal en curvas a nivel	750.00	17.87	13,402.50
20	Cercos vivos	1,000.00	17.87	17,870.00
	Total			4,200,757.01



## CONCLUSIONES

El costo total de las obras propuestas es de **\$ 4,200,757.01**

- La capacidad total de retención de suelo de las obras es de 224,159 m<sup>3</sup>.

- La capacidad de infiltración por evento sería de 150,002 M<sup>3</sup>.

Los datos hídricos anuales en la microcuenca son los siguientes:

- Volumen precipitado anual: 59,256,060 m<sup>3</sup> (881 mm).

- Volumen escurrido anual: 1,466,176 m<sup>3</sup> (localizado en las superficies más erosionadas).

- Volumen infiltrado anual por obras: 970,628 m<sup>3</sup> (se capta el 66% de los escurrimientos totales).

- Eventos con presencia de escurrimientos: 18 (evento máximo 54.5 mm, el cual genera el 27% de los escurrimientos totales)

- Considerando un contenido promedio de materia orgánica de 3.69% en la microcuenca, mediante las obras propuestas se fijarían *in-situ*:

- 11,580 ton de materia orgánica,

- La cual contiene 579 ton de nitrógeno, equivalente a 1,258 ton de urea.

- 6,716 ton de carbono.

- 1 capa de 1mm, de un suelo de textura media ( $d_a=1.4\text{g/ml}$ )=  
 $0.001\text{m} \times 10,000 \times 1.4=14 \text{ t/ha}$  .

- Con estos valores se puede estimar la erosión de la siguiente manera:

En la microcuenca,  $55 \text{ ton} \times 7170 \text{ ha} = 398,300 \text{ ton}$

Azolve potencial =  $398,300 / 1.4 = 284,500 \text{ m}^3$ .

Con 3% de M.O.=8535 ton

Pérdida de N =  $8535 \text{ ton} \times 0.05 = 426 \text{ ton}$

Pérdida de C=  $8535 \text{ ton} \times 0.58 = 4950 \text{ ton}$

Equivalente en Urea= $426 \times 2.1739 = 926 \text{ ton}$

**Propiedades físicas de los suelos**

**GERENCIA DE SUELOS**

**Taller: “Elaboración de Proyectos de Compensación Ambiental”**



**SUELO.** Cuerpo natural que se encuentra sobre la superficie de la corteza terrestre, formado de material mineral, orgánico, líquidos y gases, que presenta horizontes o capas y que es capaz de soportar plantas.



Perfil del suelo: vista de la sección transversal de los horizontes

Incluye a todos los horizontes genéticos, estratos orgánicos superficiales, y el material parental u otras capas adyacentes al solum, que influyen en la génesis y el comportamiento del suelo

La descripción de un perfil es la descripción de sus horizontes.

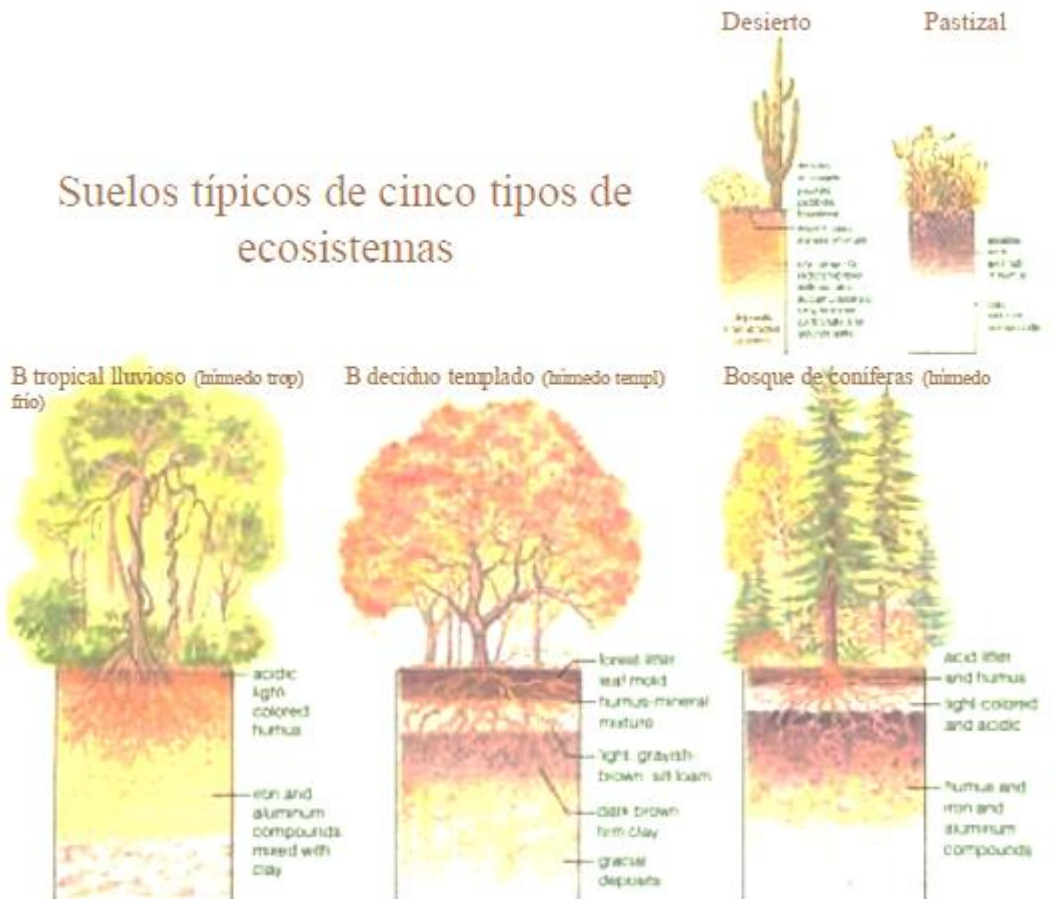


## Horizontes del Suelo

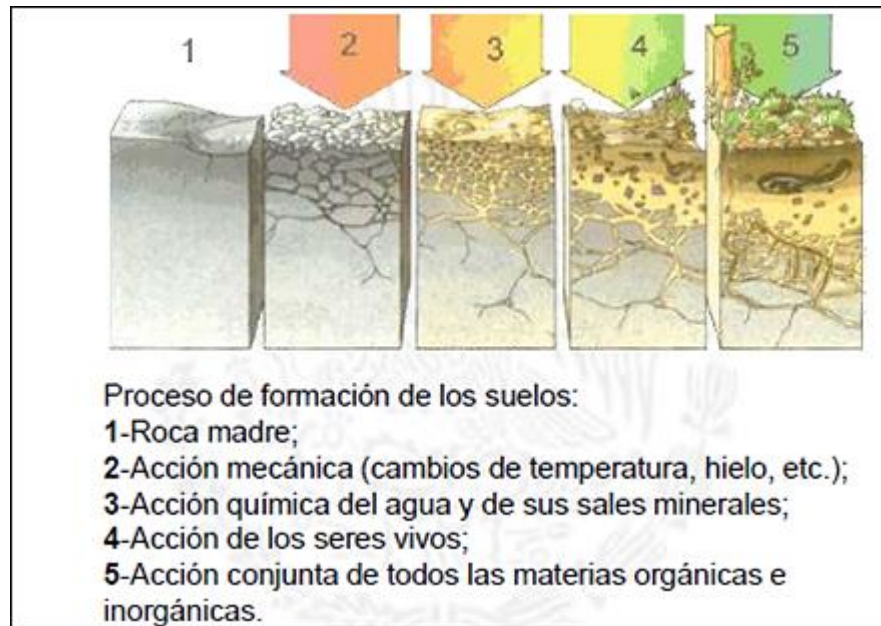
- Hojarasca (hojas, restos orgánicos y MO parcialmente descompuesta) **O**
- Capa superior (mezcla porosa de MO parcialmente descompuesta (humus), raíces, organismos vivos y algunos minerales) **A**
- Zona de filtración (área a través de la cual pasan hacia abajo los materiales disueltos o suspendidos) **E**
- Subsuelo (con colores característicos y frecuentemente con acumulación de hierro, aluminio y compuestos húmicos, así como arcilla infiltrada de las capas superiores) **B**
- Material parental (materiales inorgánicos parcialmente fracturados) **C**
- Roca madre (capa impenetrable excepto a través de las fracturas) **R**



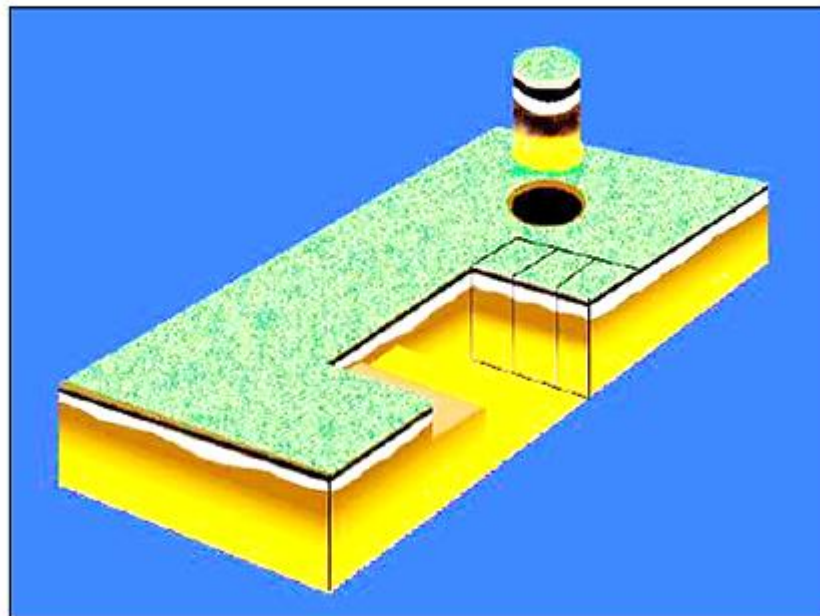
## Suelos típicos de cinco tipos de ecosistemas







## EL PEDÓN Y PERFIL DEL SUELO

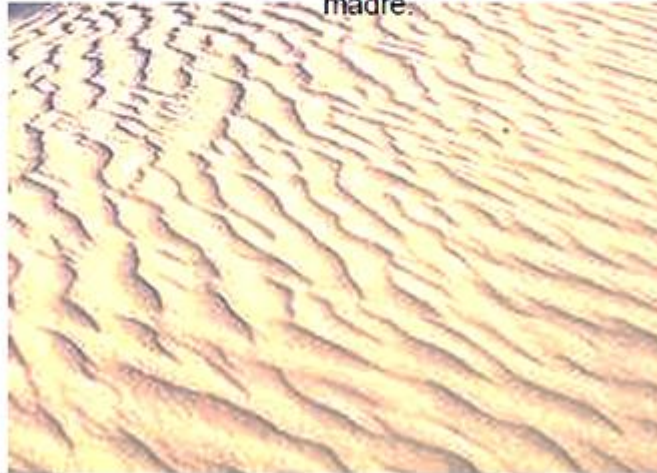




## PROPIEDADES DE LOS SUELOS

**Textura.** Proporción relativa de cada uno de los grupos de partículas primarias menores de 2 milímetros de diámetro: arena, limo y arcilla, contenida en una porción de suelo, se denomina arenosa, media y fina, respectivamente, según predomine alguna de ellas.

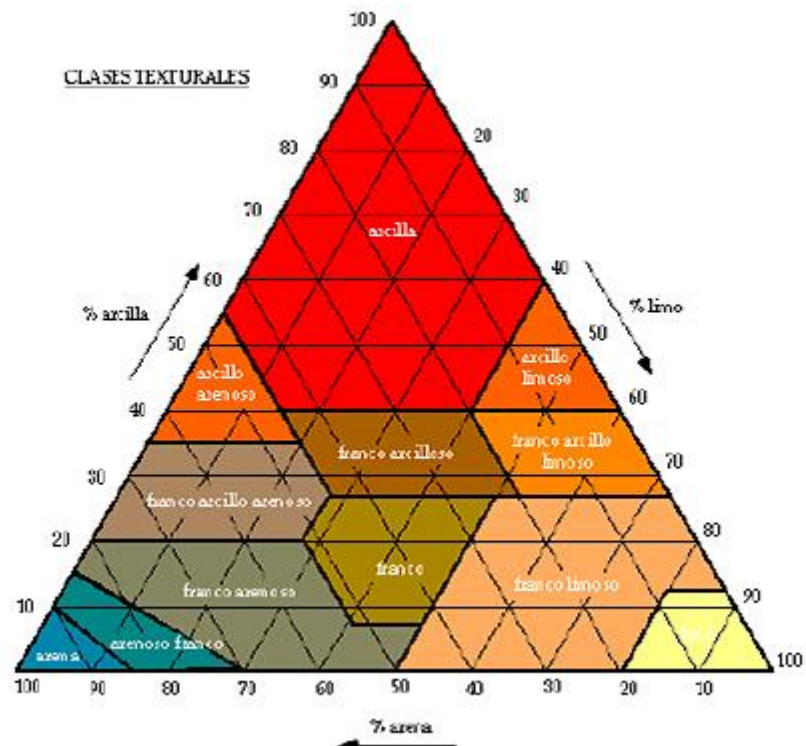
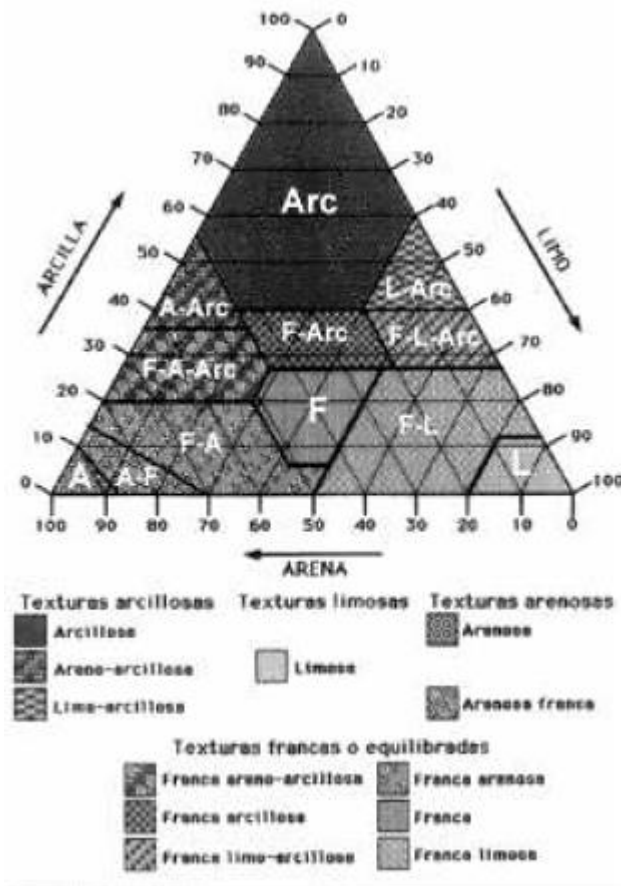
La arena procede de la meteorización de la roca madre.



## TEXTURA AL TACTO



# Programa de Manejo del Fuego



## LOS EFECTOS DE LA TEXTURA DEL SUELO

### 1. EFECTOS SOBRE LA HUMEDAD

- Capacidad de almacenamiento de humedad
- Permeabilidad (limitada por arcillas)
- Drenaje del suelo (buen drenaje en suelos arenosos)

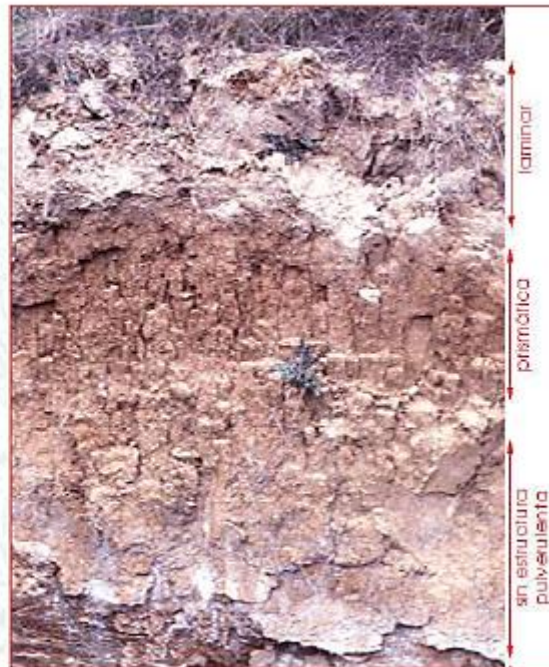
### 2. EFECTOS GEOMÓRFICOS

- Pendientes estables (mayor captación de agua, suelos arcillosos)
- Escurrimientos potenciales (suelos con limitaciones)

### 3. EFECTOS SOBRE LAS PLANTAS

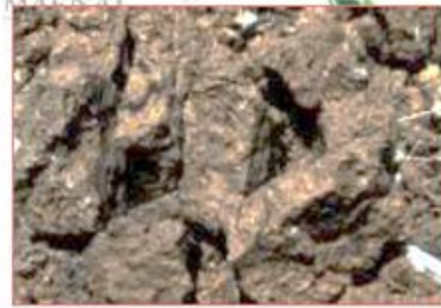
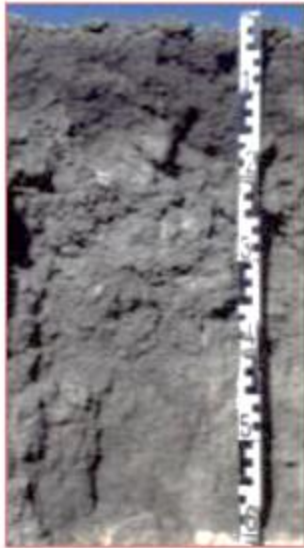
- Disponibilidad de nutrimentos (por largo tiempo)
- Penetración de raíces (suelos arenosos)
- Aireación del suelo

## ESTRUCTURA












## ESTRUCTURA



**ESTRUCTURA.** Arreglo de las partículas del suelo, comúnmente llamados "terrones", técnicamente se les denomina peds.

	Granular		Prismática
	Migajonosa		Columnar
	Laminar		Bloques
			Bloques sub-angulares

. Porción de volumen de suelo no ocupado por su fase sólida. La definen, la forma, dimensiones y agrupación de las partículas y es una característica esencial de los terrenos en cuanto a sus propiedades acuíferas. La porosidad proporciona información esencial sobre las propiedades físicas que aseguran la alimentación de las plantas y la respiración de sus raíces.

**Permeabilidad.** Es la mayor o menor facilidad con que el agua descende o se transmite en el perfil del suelo. Obviamente la propia definición indica la importancia determinante que tiene este concepto en el fenómeno de escurrimiento.



. La densidad se considera como el peso por volumen unitario de sustancia, reportada comúnmente en g/cm<sup>3</sup>. Simbólicamente se representa por:

$$D = \frac{P}{v}$$

Textura del suelo	Densidad aparente (ton/m <sup>3</sup> )
Arena	1.6
Franco arenoso	1.5
Franco	1.4
Franco limoso	1.3
Franco arcilloso	1.2
Arcilla	1.1



## COLOR DEL SUELO

### Sistema de colores Munsell



#### Hue: Color espectral dominante

- Rojo (R ), Amarillo-rojo (YR) y Amarillo (Y) en escala 0-10
  - En cada cambio de letra el Hue es más amarillo y menos rojo en la medida en que se incrementa el valor numérico. 5YR es la mitad entre el amarillo y el rojo del hue, el cual va de 10R (0 de YR) a 10YR (0 Y)

#### • Value (Reflectancia)

- 0 negro, 10 blanco, el suelo generalmente se ubica de 2 a 8

#### • Chroma - Saturación de color

- Si es alto, es mayor la cantidad del agente colorante
- La materia orgánica lo reduce.

## COLOR DEL SUELO

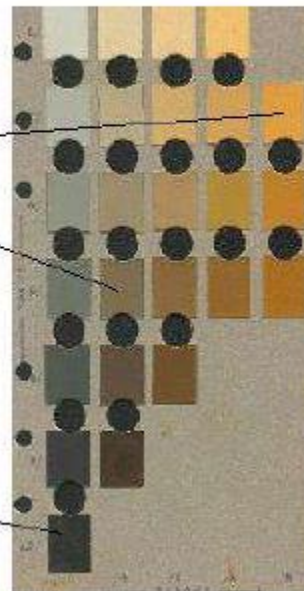
Ejemplo:

Página Munsell 7.5 YR

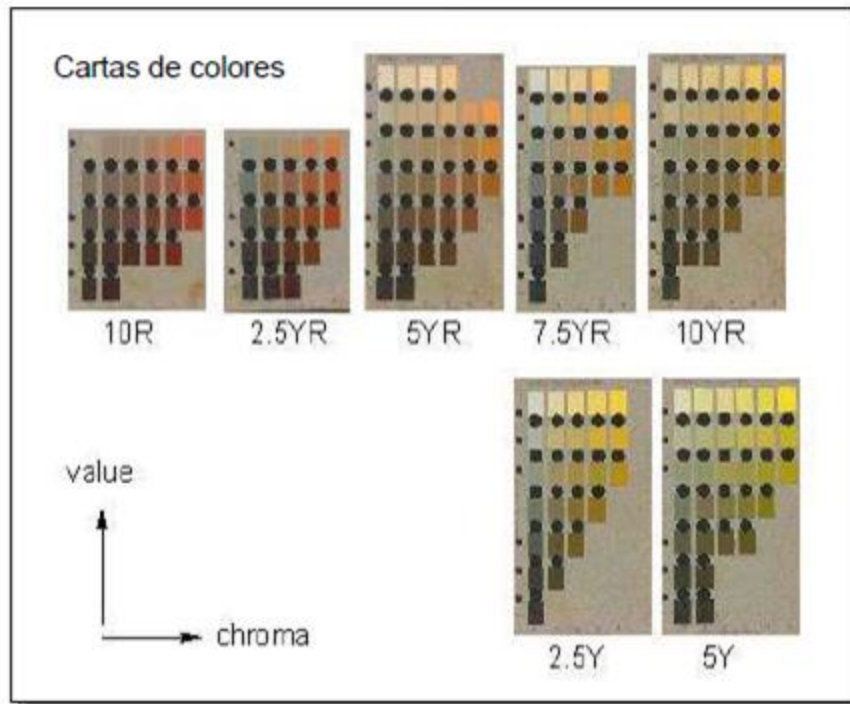
7.5YR 7/8  
Amarillento rojizo

7.5 YR 5/2  
Pardo

7.5YR 2.5/0  
Negro



## COLOR DEL SUELO



## CONSISTENCIA

**Es la medida de la resistencia a la deformación y ruptura**

**Considera dos atributos del suelo:**

- **Cohesión:** atracción molecular entre las partículas de un cuerpo, y
- **Adhesión:** atracción molecular entre las superficies de los cuerpos en contacto

**Es un buen indicador del contenido de arcillas**

**Generalmente se distingue en campo por:**

- Comprimiendo una muestra bajo el pulgar
- Procurando estirarlo (determinar la plasticidad)
- o en el laboratorio con el uso de instrumentos como el Tenstron

## CONSISTENCIA

### ESCALAS DE CONSISTENCIA

La escala difiere si la muestra está mojada, húmeda o seca:

#### **Mojado** ( pegajoso y plástico)

- Pegajoso: no pegajoso, ligeramente pegajoso, pegajoso y muy pegajoso
- Plásticidad: (Capacidad para ser moldeada) no plástica, ligeramente plástica, plástica y muy plástica

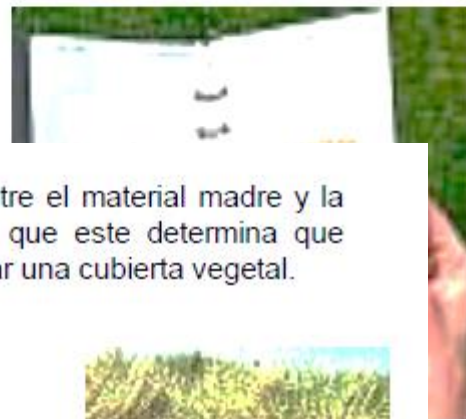
#### **Húmedo:**

- Suelto, friable, firme, muy firme y extremadamente firme

#### **Seco:**

- Suelto, Suave, Duro y Extremadamente duro

**Color del suelo.** Los colores del suelo se miden mas convenientemente por comparación con la carta de colores de suelos Munsell, la cual consiste de 175 colores.



**Profundidad.** Es la distancia que existe entre el material madre y la superficie del suelo. Factor importante ya que este determina que tanta capacidad tiene una suelo para soportar una cubierta vegetal.





**Pedregosidad superficial.** La cantidad de rocas que se encuentran sobre la superficie del terreno y que pueden afectar el desarrollo de cubierta vegetal



sales



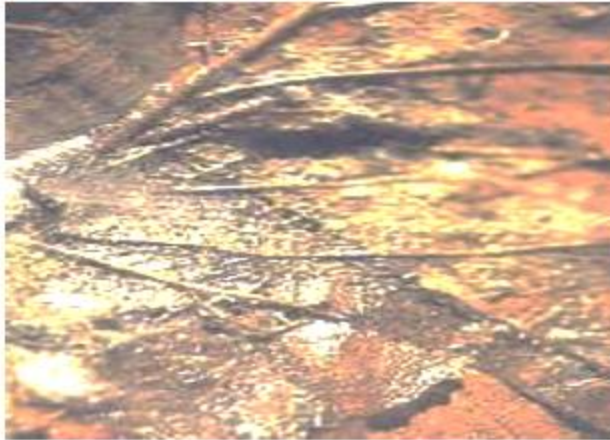
Contenido de  
en los suelos





# Programa de Manejo del Fuego

•**Materia Orgánica.** La materia orgánica fresca esta formada por los restos vegetales y animales de toda naturaleza que se superponen al suelo mineral (sistemas forestales) o se incorporan a él (tierras de cultivo). Todos estos componentes sufren una transformación a compuestos aprovechables por las plantas. Es una característica importante debido a que ésta le da una gran protección al suelo para evitar la degradación.



El humus es el resultado de la descomposición de restos animales y vegetales.

De la descomposición de restos animales y vegetales se genera la materia orgánica del suelo.



25 de las 28 unidades de  
suelo reconocidas por la  
FAO/UNESCO/ISR  
IC en 1988.

La mayor parte del país (casi 4/5 partes) está dominada por cinco unidades:

Leptosoles (24%)

Regosoles (18.5%)

Calcisoles (18.2%)

Feozems (9.7%)

Vertisoles (8.3%)

## Unidades de suelo FAO- UNESCO 1988, Presentes en México.

### Leptosoles.-

Son suelos delgados o débilmente desarrollados, están limitados en profundidad por una roca continua o por material muy calcáreo tienen una profundidad máxima de 30 cm. Se incluyen los suelos que anteriormente se conocían como rendzinas.

Son los suelos mas abundante del país. Ocupan el 24% del territorio nacional y se distribuyen principalmente en los estados de Coahuila, Durango, Quintana Roo, Oaxaca y Chihuahua.



BACA - TUCATÁN

### Regosoles.-

Son suelos delgados poco desarrollados, que tienen una gran cantidad de materiales no consolidados gruesos (fragmentos de rocas), no se incluyen dentro de estos suelos los suelos que se encuentran en las vegas de los ríos, el material suelto es semejante a la roca que le dio origen. Se les encuentra en cualquier tipo de clima y en general sobre topografía accidentada, ocupan aproximadamente el 18 % del territorio y se distribuyen principalmente en los estados de Chihuahua, Sonora, Durango, Oaxaca y Sinaloa.



LAS JUNTAS - MICHOACÁN



## Calcisoles

Son suelos que presentan una alta acumulación de carbonato de calcio. Son suelos mas profundos que los leptosoles, ocupan aproximadamente el 18% del territorio nacional y se presentan principalmente en los estados de Chihuahua, Coahuila, Sonora, Zacatecas y San Luis Potosí.



LA CONCEPCIÓN - NUEVO LEÓN



## Feozems.

Son suelos de color oscuro que son ricos en materia orgánica, son suelos muy fértiles y medianamente profundos, generalmente desarrollan un horizonte B.

Se localizan principalmente en los estados de Chihuahua, Jalisco, Hidalgo y Guanajuato y ocupan aproximadamente el 10% del territorio nacional.



LA VILITA - ZACATECAS



## Vertisoles.

Son suelos de colores muy oscuros que se agrietan de acuerdo a los procedimientos de humedecimiento y secado del suelo, son suelos contextura arcilla, en prácticamente todo el perfil, generalmente se localizan en áreas planas

Se localizan principalmente en la planicie de Tamaulipas-Veracruz y en el Bajío.

Generalmente estos suelos son agrícolas o tienen pastos, casi no soportan vegetación forestal.



PROVINCIA AMARILLO (VERACRUZ)



## Arenosoles

Son suelos con textura arena y débilmente desarrollados, presentan profundidades de mas de un metro, no presentan materiales gruesos (pedazos de roca) como los regosoles y se localizan principalmente en áreas costeras y áreas desérticas planas.

Representan el 6% del territorio nacional y están localizados principalmente en Baja California Sur y Sonora, así como en Baja California, Chihuahua, Guerrero, Chiapas y Oaxaca.



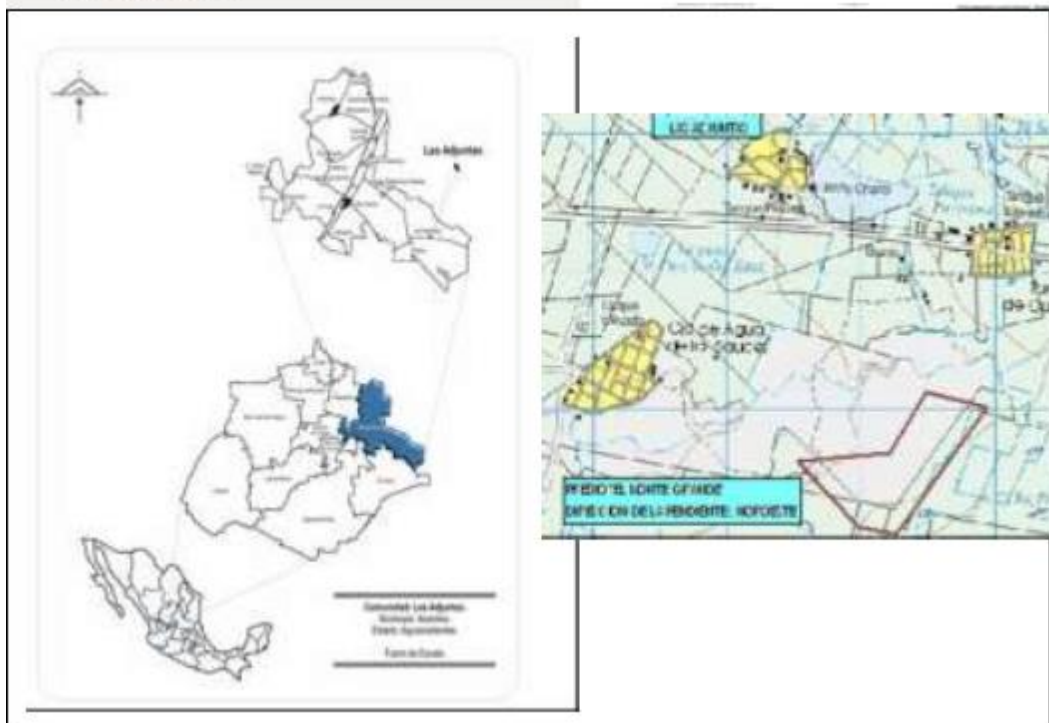
PROVINCIA AMARILLO (VERACRUZ)

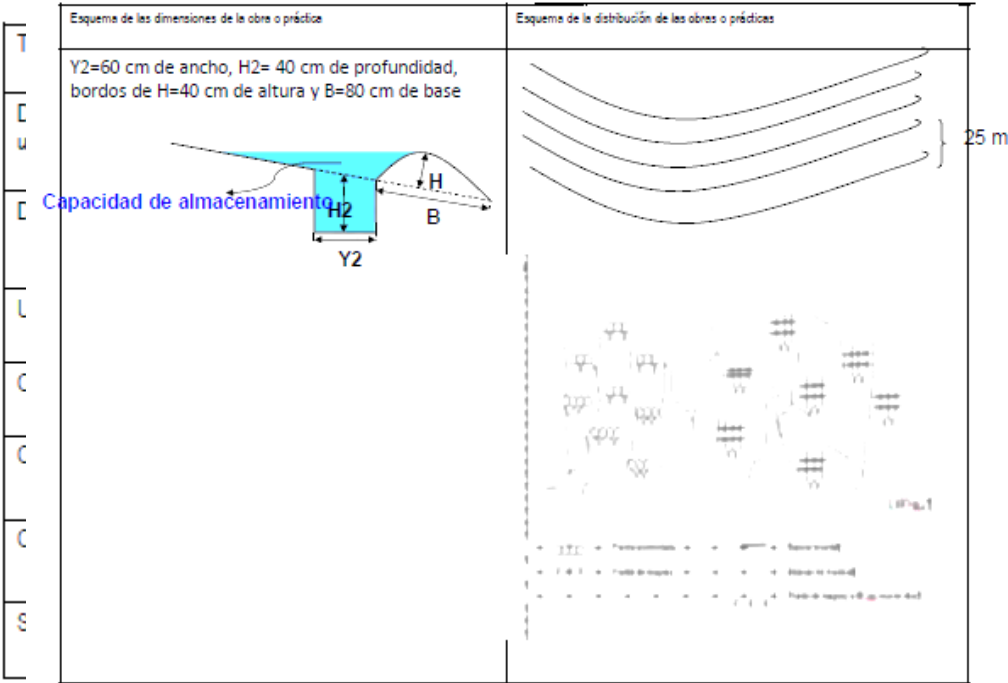


Son suelos de color gris, azulosos o verdosos que presentan condiciones de reducción por estar inundado la mayor parte del tiempo, no presentan condiciones de salinidad se presentan en condiciones pantanosas de los estado de Tabasco, Campeche y Quintana Roo.



## CROQUIS DE LOCALIZACION DEL PREDIO.

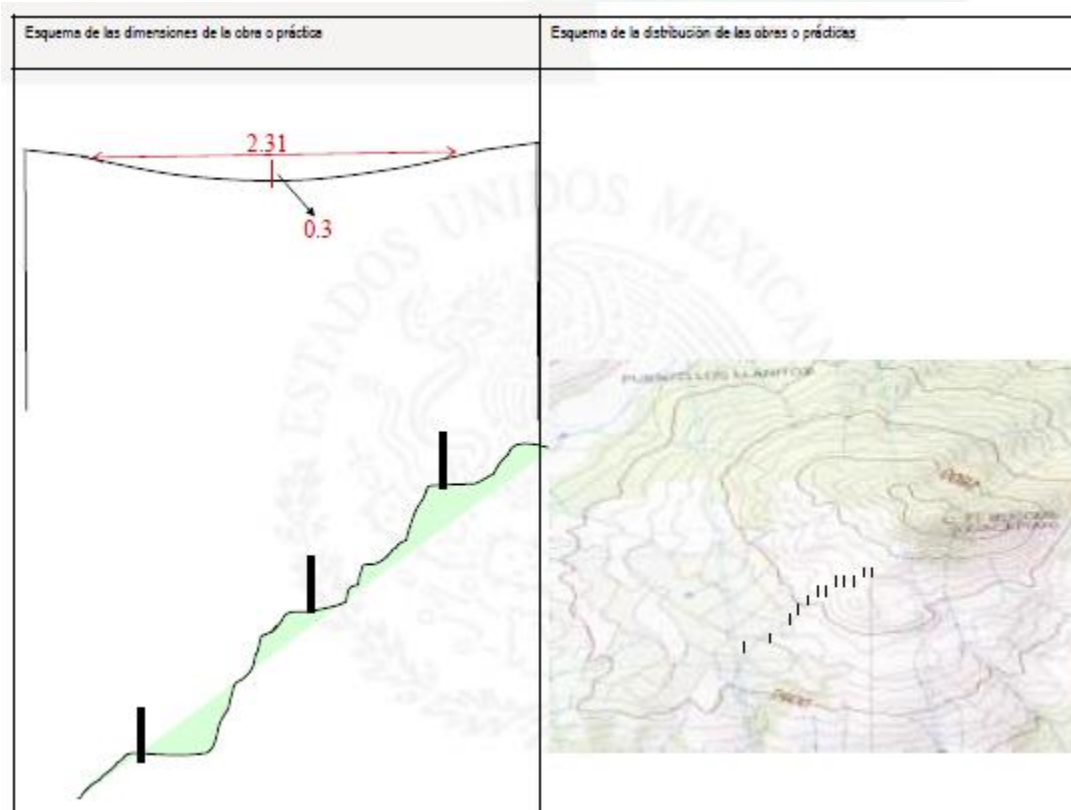






# Programa de Manejo del Fuego

Tipo de obra o práctica	Presas de piedra acomodada
Distancia entre líneas o ubicación de obras	Variable según la pendiente
Dimensiones de las obras	150 cm de altura, 100 cm de ancho en la corona, base de 270 cm, el ancho de la estructura será de 375 cm, con 9.98 m3 por presa.
Unidad de medida	m3
Cantidad	83.29 presas
Costo por unidad de medida (\$)	\$ 455.06
Costo por obra o práctica (\$)	\$ 4,541.49 por presa y \$ 378,300 por el total de obras
Superficie(ha)	



# Programa de Manejo del Fuego

OBRA O PRÁCTICA	COSTO POR UNIDAD DE MEDIDA (\$)	UNIDAD DE MEDIDA
Presas de malla de alambre electro soldada o ciclónica.	596.10	m <sup>3</sup>
Presas de morillos	59.16	m <sup>3</sup>
Presa de ramas	48.21	m <sup>3</sup>
Presas de piedra acomodada	453.06	m <sup>3</sup>
Presas de costales	227.38	m <sup>3</sup>
Presas de geocostales	483.21	m <sup>3</sup>
Presas de llantas	442.56	m <sup>3</sup>
Presas de mampostería	960.32	m <sup>3</sup>
Presa de gaviones	646.10	m <sup>3</sup>
Zanjas derivadoras de escorrentía	4.57	m
Estabilización de taludes	0.73	m
Barreras de piedra en curvas a nivel.	2.80	m
Cabeceo de cárcavas.	73.49	m <sup>2</sup>

OBRA O PRÁCTICA	COSTO POR UNIDAD DE MEDIDA (\$)	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD MÍNIMA REQUERIDA POR HECTÁREA	COSTO POR HA (\$)
Cortinas rompevientos	9.44	m	167	1576.48
Enriquecimiento de acahuales con especies maderables	1369.41	ha	1	1369.41
Enriquecimiento de acahuales con especies maderables y no maderables	1564.09	ha	1	1564.09
Enriquecimiento de acahuales con abonos	1104.04	ha	1	1104.04

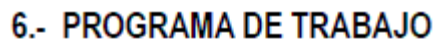
4.- R

## 5.- CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

Ter suc	Nombre del predio:	La cantera
	Superficie:	100 ha
Pre acc	Pendiente en porcentaje:	20 %
REI	Longitud de la pendiente:	40 m
	Tipo de Vegetación:	Selva mediana caducifolia
	Especies predominantes:	Guasima (Guasima tompentosa), tepame (Acacia pennaula), tepemezquite (Lysilosoma acapulensis)
	Porcentaje de cobertura vegetal:	70 %
	Uso del suelo:	Forestal



ESTACIÓN	PERÍODO	MES											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PALO ALTO													
TOTAL	De 1984 a 2001	26 1	17 2	91	2	0	0	0	0	0	9	74	19 9
AÑO CON MENOS	1993	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
AÑO CON MÁS	1999	30	9	0	0	0	0	0	0	0	1	19	26



## **Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso**

Este sistema de clasificación tiene como objetivo ubicar los elementos de juicio necesarios para dedicar los diferentes terrenos al uso adecuado, según su aptitud en particular y de este modo programar el óptimo aprovechamiento de este recurso.

- Se clasifican en ocho clases de terrenos.

## Clases de los terrenos

- **Terrenos de primera clase I**

- Son aquellos terrenos que no presentan ninguna limitación para su uso, y cuando se presentan son fáciles de corregir, estos terrenos son aptos para desarrollar una amplia gama de cultivos, pastos, bosques o vida silvestre, son casi planos y el riesgo de erosión es muy bajo.
- Son suelos profundos y bien drenados, pueden tener problemas incipientes de salinidad

- **Terrenos de segunda clase II**

- Estos terrenos no presentan limitaciones acentuadas para su uso, únicamente se debe elegir de manera adecuada su uso.
- Pueden usarse para cultivos, pastos o vida silvestre, algunas limitaciones que pueden presentarse son erosión moderada, pendiente suave, profundidad menor a la ideal, contenido moderado de sales e inundaciones ocasionales

- Pendientes fuertes

- **Terrenos de tercera clase III**

- Los suelos de ésta clase presentan severas limitaciones que restringen el desarrollo de los posibles cultivos por establecer o bien requieren obras de conservación para algunos o todos los cultivos, tienen las siguientes limitaciones:

- Moderada susceptibilidad a la erosión hídrica o eólica
- Inundaciones frecuentes
- Poca profundidad efectiva
- Pedregosidad

- **Terrenos de cuarta clase IV**

- Estos terrenos tienen severas limitaciones para el desarrollo de los cultivos, por lo que su uso es reducido a sólo algunos de ellos, cuando se cultivan son necesarias obras de conservación de suelos, se recomienda su uso únicamente para pastos, bosques o vida silvestre. Las limitaciones son las siguientes:

- Pendiente muy pronunciada
- Inundaciones frecuentes
- Drenaje deficiente
- Poca profundidad
- Alta salinidad
- Alta susceptibilidad a la erosión
- Moderados efectos del clima

- **☐ Terrenos de Quinta Clase V**

☐ Aunque generalmente los terrenos no presenta erosión o es muy reducido presentan limitaciones que no es práctico ni económico tratar de superar, por lo que es preferible su uso para pastos, bosques o vida silvestre, también existen otras terrenos que pueden pertenecer a otra clase pero presentan algún factor limitante,

- **☐ Terrenos de Sexta Clase VI**

☐ Presentan severas limitaciones que los hacen impropios para los cultivos, por lo que es preferible su uso para pastos, bosques o vida silvestre. Presentan limitaciones que no es posible corregir de manera permanente como pendientes pronunciadas que propician la erosión severa, poca profundidad, sodicidad o efectos climáticos adversos.

- **☐ Terrenos de Séptima Clase VII**

- Presentan limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para los cultivos, su uso queda restringido para pastos (limitado), árboles o vida silvestre.
- ☐ Resulta poco práctico aplicar medidas de mejoramiento.
- ☐☐ La conservación es indispensable para proteger áreas vecinas, vasos de almacenamiento u otras obras de captación.

- **☐ Terrenos de Octava Clase VIII**

- ☐☐ Tienen limitaciones excesivas para su uso cultivos comerciales, desarrollo de pastizales o explotaciones forestales.
- ☐☐ Su utilización es para fines recreativos, vida silvestre, abastecimiento de agua o paisajístico.
- ☐ Erosión muy severa
- ☐ Efectos adversos y muy severos de clima
- ☐☐ Inundación permanente
- ☐☐ Pedregosidad
- ☐ Salinidad o sodicidad

Con el agrupamiento de terreno por clases, se puede planear mejor la utilización de los recursos del suelo y agua, a su vez de proyectar las obras de conservación para terrenos, de acuerdo a su uso.



Grupo de factores	Factores limitantes	Clave*
CLIMA	Deficiencia de Agua	C
	Inundación o	I

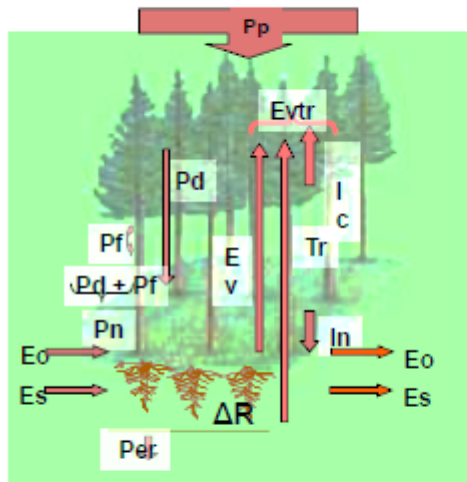




**de Esgurrimientos Superficiales**

**Estimación**

## Componentes del balance hídrico



### Referencia:

Pp	: precipitación
Pd	: precipitación directa
Pf	: escurrimiento fustal
Pn	: precipitación neta
Ic	: pérdidas de agua por interceptación
Eo	: escurrimiento superficial
Es	: escurrimiento subsuperficial
In	: infiltración
Ev	: evaporación
Tr	: transpiración
Evtr	: evapotranspiración
Per	: percolación
ΔR	: variación del contenido de agua del suelo

- El escurrimiento superficial es la parte de la precipitación que se mueve sobre los terrenos de manera laminar y que, al acumularse en las zonas más bajas del terreno, forma pequeños arroyos que alimentan a las corrientes intermitentes para que éstas a su vez alimenten a los ríos.

## ¿Por qué es necesario calcular los

Para conocer la cantidad de

- escurrimientos es necesario :
  - Conocer la probabilidad de ocurrencia de la lluvia. OBRAS DE CONTROL DE CARCAVAS Y CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

$$P = \frac{m}{n + 1} (100)$$

P = Probabilidad de lluvia  
 m = Número de orden de la lluvia  
 n = Número de eventos registrados

- Conocer el periodo de retorno. (ESCURRIMIENTO MEDIO Y MÁXIMO INSTANTÁNEO)

$$F = \frac{n + 1}{m}$$

F = Frecuencia o periodo de retorno  
 n = Número total de años de registro  
 m = Número de orden de la lluvia

[Concepcion\\_del\\_oro\\_estacion\\_climatologica.xls](#)

## Escurrimiento Superficial

### Depende de:

- Cantidad de lluvia
- Intensidad de lluvia
- Características del terreno y/o

$$Q = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S}$$

Donde:

El valor de las curvas (CN) está determinado por:

a) **SUELO**. Tomando en cuenta clase textural e infiltración básica.

Grupo de suelos	Descripción de las características del suelo
A	Suelo con bajo potencial de escurrimiento, incluye arenas profundas con muy poco limo y arcilla; también suelo permeable con grava en el perfil. Infiltración básica 8-12 mm/hr
B	Suelos con moderadamente bajo potencial de escurrimiento. Son suelos arenosos menos profundos y más agregados que el grupo A. Este grupo tiene una infiltración mayor que el promedio cuando húmedo. Ejemplos: suelos migajones, arenosos ligeros y migajones limosos. Infiltración básica 4-8 mm/hr
C	Suelos con moderadamente alto potencial de escurrimiento. Comprende suelos someros y suelos con considerable contenido de arcilla, pero menos que el grupo D. Este grupo tiene una infiltración menor que la promedio después de saturación. Ejemplo: suelos migajones arcillosos. Infiltración básica 1-4 mm/hr

b) **CONDICION HIDROLÓGICA O COBERTURA VEGETAL DEL TERRENO.** Por la intercepción de la precipitación y la rugosidad que se opone al escurrimiento.

## Clases de cobertura vegetal

Buena	> de 75%
Regular	Entre 50 y 75%

## c) USO DE SUELO.

Uso del suelo

Condición hidrológica

Pastos naturales	Pastos en condiciones malas, dispersos, fuertemente pastoreados con menos que la mitad del área total con cobertura vegetal. Pastos en condiciones regulares, moderadamente pastoreados con la mitad o las tres cuartas partes del área total con cubierta vegetal. Pastos en buenas condiciones, ligeramente pastoreados y con mas de las tres cuartas partes del área total con cubierta vegetal.
Áreas boscosas	Áreas en condiciones malas, tienen árboles dispersos y fuertemente pastoreados sin crecimiento rastrero. Áreas de condiciones regulares, son moderadamente pastoreadas y con algo de crecimiento. Áreas buenas, están densamente pobladas y sin pastorear.
Pastizales mejorados	Pastizales mezclados con leguminosas sujetas a un cuidadoso sistema de manejo de pastoreo. Son considerados como buenas condiciones hidrológicas.
Rotación de praderas	Praderas densas, moderadamente pastoreadas, usadas en una bien planeada rotación de cultivos y praderas son considerados como que están en buenas condiciones hidrológicas. Áreas con material disperso, sobrepastoreado son considerados como malas condiciones hidrológicas.



Teniendo en cuenta los datos anteriores tenemos que  
CN =

Cobertura			Grupo de suelo			
Uso de Suelo	Tratamiento o prácticas	Condición hidrológica	a	b	c	d
Curva pluvial						
Suelo en descanso	Suaves rectos		77	86	91	94
	Suaves rectos	Mala	71	81	88	92
Cultivo de escarda	Suaves rectos	Buena	67	76	85	89
	Curva a nivel	Mala	79	79	84	88
	Curva a nivel	Buena	65	75	82	86
	Terminca y curva a nivel	Mala	66	74	80	82
	Terminca y curva a nivel	Buena	62	71	78	81
	Suaves rectos	Mala	65	76	84	88
Cultivos rápidos	Suaves rectos	Buena	63	75	83	87
	Curva a nivel	Mala	63	74	82	85
	Curva a nivel	Buena	61	73	81	84
	Terminca y curva a nivel	Mala	61	72	79	82
	Terminca y curva a nivel	Buena	59	70	78	81
	Suaves rectos	Mala	66	77	85	89
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Suaves rectos	Buena	58	72	81	85
	Curva a nivel	Mala	64	75	83	86
	Curva a nivel	Buena	55	69	78	83
	Terminca y curva a nivel	Mala	63	73	80	83
	Terminca y curva a nivel	Buena	51	67	76	80
	Suaves rectos	Buena	60	74	82	86
Pastizales	Sin tratamiento mecánico	Mala	68	79	86	89
	Sin tratamiento mecánico	Regular	49	69	79	84
	Sin tratamiento mecánico	Buena	39	61	74	80
	Curva a nivel	Mala	47	67	81	88
	Curva a nivel	Regular	25	59	75	83
	Curva a nivel	Buena	6	35	70	79
Punto de Corte		Buena	30	59	71	78

• CN

– Suelo Xerosol cálcico, contenido moderado de M.O. de textura media.



Grupo de Suelo B



Mala

– Cobertura, matorral desértico micrófilo, cobertura del 20 al 30%



Áreas Boscosas en condiciones malas

– Uso del suelo, pérdida de cobertura por deforestación

CN

Pastizales	Sin tratamiento mecánico	Mala	68	79	86	89
	Sin tratamiento mecánico	Regular	49	69	79	84
	Sin tratamiento mecánico	Buena	39	61	74	80
	Curva a nivel	Mala	47	67	81	88
	Curva a nivel	Regular	25	59	75	83
	Curva a nivel	Buena	6	35	70	79
Pasto de Corte		buena	30	58	71	78
Bosque		Mala	45	68	77	83
		Regular	36	60	73	79
		buena	25	55	70	77
Camino de tierra		Buena	72	82	87	89
Caminos pavimentados		Buena	74	84	90	92

Obteniendo el número de CN, podemos calcular el valor del potencial máximo de retención de humedad (S) y el escurrimiento medio (Q).

[Calculo de escurrimiento.xls](#)

El valor de Q, quiere decir que: con esas Condiciones de Vegetación y suelo, de los 360 mm escurrirá una lámina de 39.18 mm.



Este valor de escurrimiento es el que se tomará en cuenta para el diseño de las obras de conservación de suelos.

# Programa de Manejo del Fuego

- Este escurrimiento es propicio cuando existen condiciones de humedad intermedia, cuando queremos realizar cálculos más precisos que se estimen para calcular el soporte de otro tipo de obras o la saturación del terreno, debemos tomar en cuenta la Precipitación de los 5 días previos a una tormenta:

Condición de humedad antecedente	Precipitación acumulada de los cinco días previos al evento (mm)
I	0 - 12.7
II	12.7 – 38.1
III	> 38.1

De esta manera se puede cambiar la condición de humedad empleando el cuadro de condiciones de humedad según las curvas numéricas de que se trate

CN para condición II	CN correspondientes a	
	Condición I	Condición III
100	100	100
95	87	98
90	78	96
85	70	94
80	63	91
75	57	88
70	51	85
65	45	82
60	40	78
55	35	74
50	31	70
45	26	65
40	22	60
35	18	55
30	15	50
25	12	43
20	9	37
15	6	30
10	4	22
5	2	13

## Obras para el Control de la Erosión Laminar

Considerar a la cuenca como  
unidad básica de planeación



Considerar el Grado de Degradación

## Selección

- Las obras para el control de la erosión laminar se dividen en grupos, principalmente:

### CAPTACION DE AGUA

- Sistema Zanja Bordo
- Zanja trinchera (tinas ciegas)
- Terrazas Individuales

### RETENCION DE SUELO E INCREMENTO DE HUMEDAD

- Terrazas de Formación Sucesiva
- Acomodo de Material Vegetal Muerto
- Barreras de Piedra Acomodada
- Roturación

### PRÁCTICAS VEGETATIVAS

- Terrazas de Muro Vivo





## ZANJA BORDO

Conjunto de zanjas y bordos contruidos de manera continua en sentido perpendicular a la pendiente, siguiendo curvas a nivel, en donde el volumen de excavación se coloca aguas abajo para formar el bordo.



- ✓ Se recomienda en pendientes de 8 a 45%
- ✓ De preferencia el bordo debe de compactarse y protegerse con vegetación
- ✓ No debe de construirse en suelos con texturas gruesas y pendientes fuertes
- ✓ No debe de construirse en zonas con precipitaciones elevadas
- ✓ Deben de construirse de preferencia en suelos con una profundidad mayor de 30 cm



## Construcción

1. Calcular el Volumen del **Escurrimiento** a captar por cada metro de Zanja, considerando las dimensiones promedio:

0.4 m de ancho

0.4 m de profundidad

1.0 m de largo



**0.16 m<sup>3</sup>**



2. Para el diseño se utiliza una capacidad de almacenamiento de 50%  
Entonces se estima captar 39.18 mm = 19.60 mm.

Si, la zanja tiene una capacidad de 0.16 m<sup>3</sup>, el área de captación será:

$$0.16 \text{ m}^3 \div 0.0196 \text{ m} = 8.16 \text{ m}^2$$

Así, cuando la zanja es continua, se debe considerar una separación de 8 m entre zanjas.

A partir de las distancias recomendadas, se pueden hacer ajustes dependiendo de la topografía del terreno y las condiciones del mismo





## ZANJA TRINCHERA

- Excavaciones trazadas a tres bolillo, en curvas a nivel y separadas con tabique divisor de 2 m de largo. También se les denomina zanjás ciegas, tinas ciegas o zanjás de infiltración.
- Ya que se construye principalmente para captar agua debe de realizarse otro tipo de obras para evitar el azolve





## Construcción

1. Se estima el escurrimiento considerando una lluvia máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 5 años.

Se espera captar el 50%, entonces:

39.18 mm

**19.60 mm ó 0.0196 m**

Como se obtuvo el área de escurrimiento, debemos dividir esta área entre el volumen de la zanja trinchera, es decir calcular su capacidad de escurrimiento:

**0.32 m<sup>3</sup>**

$$\begin{array}{c} 0.32 \\ \text{m}^3 \end{array} \div \begin{array}{c} 0.0196 \\ \text{m} \end{array} = \begin{array}{c} 16.32 \\ \text{m}^2 \end{array}$$

## TERRAZA INDIVIDUAL

Es un terraplén de forma circular, de 1 m de diámetro, a nivel o en contra pendiente, en cuyo centro se establece alguna especie forestal. Su principal objetivo es captar agua de los escurrimientos superficiales para aumentar la humedad disponible para las especies forestales plantadas.



Tiene la ventaja que puede construirse en un margen muy amplio de pendiente, siempre y cuando no sea un suelo delgado (mayor de 30 cm), en todo caso se podrá hacer la terraza con piedra.

Cuando únicamente se construyen este tipo de obras, el número de unidades deberá estar ligado a la densidad de plantación.



## construcción

1. El diseño técnico puede variar dependiendo de los arreglos que se realicen: si únicamente se realiza este tipo de obras, el distanciamiento será el mismo que el distanciamiento entre plantas; si se acompaña de otra obra, deberá de estimarse la separación
2. Establecidos los distanciamientos de las plantas, se traza el círculo de 1m de diámetro que cubrirá la terraza y se procede a rebajar la parte alta, cuyo suelo excedente se pasará a la parte inferior, que es donde se va a construir propiamente el terraplén, que conforma el talud, con una inclinación que variará de 2:1 a 3:1 para darle estabilidad. Igualmente deberá tener taludes en la parte excavada.



3. En el

piso se deberá dejar una contrapendiente del 5-10%.



**4. La especie plantada dependiendo de las necesidades puede ser plantada en la parte más baja, en el talud o sobre el bordo.**



**Selección y Diseño de Obras**

## PASOS PARA EL DISEÑO DE LAS OBRAS DE SUELOS

1. Recorrido del predio:
  - Georreferenciación
  - Zonificación y determinación de la degradación del suelo
  - **Determinación de las zonas de igual pendientes y pendiente promedio**
  - Determinación de los materiales disponibles
2. Selección de obras
3. Diseño de las obras (calculo de espaciamientos, de material)
4. Calendario de actividades
5. Diseño de las obras en campo

## Zonificación de la Pendiente



## Instrumentos para medir la pendiente

### Instrumentos Rústicos:

- Aparato "A":
- Nivel de manguera
- Nivel de hilo

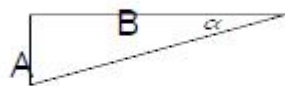


### Instrumentos Manuales:

- Clisímetro
- Nivel de mano
- Clinómetro\*
- Nivel montado
- Estación Total



## Medición de la Pendiente



$$\text{Pendiente} = \tan \alpha \times 100$$

$$\tan \alpha = \frac{A}{B} = \frac{\text{Altura}}{\text{Distancia}}$$

Aparato "A" y Nivel de hilo

$$S = \frac{\text{Altura}}{\text{Distancia}} \times 100$$

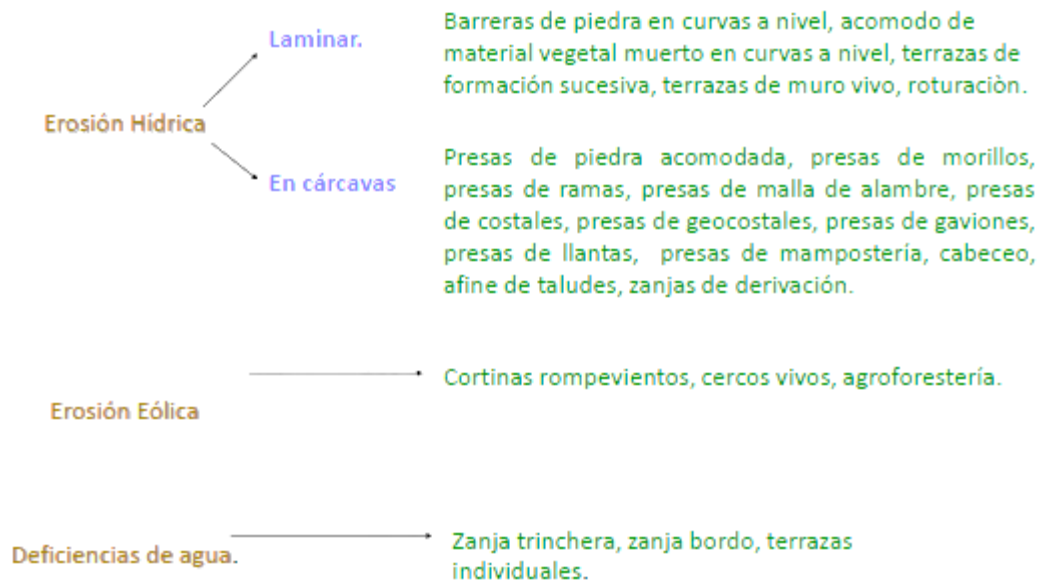
Nivel de manguera

$$S = \frac{\text{diferencia} \times 2}{\text{Distancia}} \times 100$$





## GUÍA PARA LA ELECCIÓN DE OBRAS Y PRÁCTICAS DE RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN



## Diseño de Obras en campo (trazo de curvas a nivel)

- Se coloca una estaca en la parte más alta del terreno a partir de la cual se tira una cuerda o línea madre pasando por donde exista la mayor pendiente
- Sobre esta se clavan estacas a lo largo de la pendiente con el distanciamiento que deberán de llevar las obras.
- En cada estaca se procede a trazar una curva a nivel (línea guía).



# Programa de Manejo del Fuego

SELECCIÓN DE OBRAS					
PROBLEMÁTICA	TIPO DE EROSIÓN	GRADO DE LA EROSIÓN	PENDIENTE	PROFUNDIDAD DEL SUELO	OBRA RECOMENDADA
EROSIÓN HÍBRICA	LAMINAR	LIGERA	<10%	< 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• ENRIQUECIMIENTO DE ACAHUALES,</li> <li>• AGROFORESTERIA,</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES A BASE DE ROCAS PRINCIPALMENTE</li> <li>• BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• ROTURACIÓN</li> </ul>
				> 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES A BASE DE ROCAS PRINCIPALMENTE</li> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• ENRIQUECIMIENTO DE ACAHUALES</li> <li>• AGROFORESTERIA</li> <li>• ROTURACIÓN</li> </ul>
			10-20%	< 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• ENRIQUECIMIENTO DE ACAHUALES,</li> <li>• AGROFORESTERIA,</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES A BASE DE ROCAS PRINCIPALMENTE</li> <li>• BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• ROTURACIÓN</li> </ul>
				> 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZANJA BORDO EN CURVAS A NIVEL (Captación de agua para recarga de acuíferos)</li> <li>• ZANJA TRINCHERA (Captación de agua para recarga de acuíferos)</li> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES (Captación de agua para recarga de acuíferos)</li> <li>• ENRIQUECIMIENTO DE ACAHUALES</li> <li>• AGROFORESTERIA</li> </ul>

SELECCIÓN DE OBRAS					
PROBLEMÁTICA	TIPO DE EROSIÓN	GRADO DE LA EROSIÓN	PENDIENTE	PROFUNDIDAD DEL SUELO	OBRA RECOMENDADA
EROSIÓN HÍBRICA	LAMINAR	LIGERA	20-40%	< 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• AGROFORESTERIA, (Con alguna obra de captación de agua o retención de humedad).</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES A BASE DE ROCAS PRINCIPALMENTE</li> <li>• BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> </ul>
				> 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZANJA BORDO EN CURVAS A NIVEL, SI SE QUIERE CAPTAR AGUA PARA RECARGA DE ACUÍFEROS</li> <li>• ZANJA TRINCHERA, SI SE QUIERE REALIZAR PLANTACIONES.</li> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES</li> <li>• AGROFORESTERIA (Con alguna obra de captación de agua o retención de humedad).</li> </ul>
			>40%	< 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO, INTERCALADAS CON BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL O CON MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• AGROFORESTERIA, INTERCALADAS CON BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL O CON MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES A BASE DE ROCAS PRINCIPALMENTE INTERCALADAS CON BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL O CON MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> </ul>
				> 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO, INTERCALADAS CON BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL O CON MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• AGROFORESTERIA, INTERCALADAS CON BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL O CON MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES</li> <li>• ACOMODO DE MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> </ul>



# Programa de Manejo del Fuego

SELECCIÓN DE OBRAS					
PROBLEMATICA	TIPO DE EROSION	GRADO DE LA EROSION	PENDIENTE	PROFUNDIDAD DEL SUELO	OBRA RECOMENDADA
EROSION HIDRICA	LAMINAR	MODERADA Y SEVERA	<10%	< 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• AGROFORESTERIA</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES A BASE DE ROCAS PRINCIPALMENTE, INTERCALADAS CON BARRERAS DE MATERIAL MUERTO Y BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> </ul>
				> 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TERRAZAS DE FORMACIÓN SUCESIVA</li> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES</li> <li>• AGROFORESTERIA</li> <li>• ROTURACION</li> </ul>
			10-20%	< 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• AGROFORESTERIA</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES A BASE DE ROCAS PRINCIPALMENTE</li> <li>• BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> </ul>
				> 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZANJA BORDO EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• ZANJA TRINCHERA ALTERNADA</li> <li>• TERRAZAS DE FORMACIÓN SUCESIVA</li> <li>• MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES</li> <li>• BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• ROTURACION</li> </ul>

SELECCIÓN DE OBRAS					
PROBLEMATICA	TIPO DE EROSION	GRADO DE LA EROSION	PENDIENTE	PROFUNDIDAD DEL SUELO	OBRA RECOMENDADA
EROSION HIDRICA	LAMINAR	MODERADA Y SEVERA	20-40%	< 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• AGROFORESTERIA</li> <li>• BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> </ul>
				> 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZANJA BORDO</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES</li> <li>• TERRAZAS DE FORMACION SUCESIVA</li> <li>• ZANJA TRINCHERA</li> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• AGROFORESTERIA</li> <li>• BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> </ul>
			>40%	< 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• AGROFORESTERIA</li> <li>• BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES PRINCIPALMENTE CON PIEDRA</li> </ul>
				> 0.2 M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TERRAZAS DE MURO VIVO</li> <li>• BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• MATERIAL MUERTO EN CURVAS A NIVEL</li> <li>• AGROFORESTERIA</li> <li>• TERRAZAS INDIVIDUALES</li> <li>• TERRAZAS DE FORMACIÓN SUCESIVA</li> </ul>

Obras

## Selección

- Las obras para el control de la erosión laminar se dividen en grupos, principalmente:

### CAPTACION DE AGUA

- Sistema Zanja Bordo
- Zanja trinchera (tinas ciegas)
- Terrazas Individuales

### RETENCION DE SUELO E INCREMENTO DE HUMEDAD

- Terrazas de Formación Sucesiva
- Acomodo de Material Vegetal Muerto
- Barreras de Piedra Acomodada
- Roturación

### PRÁCTICAS VEGETATIVAS

- Terrazas de Muro Vivo

## TERRAZA DE FORMACION SUCESIVA

Son terraplenes formados entre los bordos de tierra y los canales, contruidos en sentido perpendicular a la pendiente del terreno, en donde el volumen de excavación se coloca aguas arriba para formar el bordo.



- ✓ El objetivo de colocar el bordo aguas arriba es que con el laboreo y con el transcurso del tiempo se forme una terraza de manera gradual.
- ✓ La construcción de terrazas de formación sucesiva son factibles de realizar bajo cualquier régimen pluviométrico, debido a que el bordo se puede construir a nivel o considerando una pendiente de desagüe.
- ✓ El bordo se debe compactar para evitar que los escurrimientos se lleven el suelo.
- ✓ Apto para sistemas agroforestales, cultivo en callejones.
- ✓ Se recomienda aplicar esta obra en terrenos de 5 hasta 35 % de pendiente



## construcción

1. Se determina el distanciamiento entre curvas de nivel con las fórmulas:

$$IH = \left(\frac{IV}{P}\right) * 100$$

$$IV = \left(2 + \frac{P}{364}\right)(0.305)$$

Donde:

IV = Intervalo vertical (m).  
IH = Intervalo horizontal (m).  
P = Pendiente del terreno (%).  
3 = Lluvia menor a 1200mm  
4 = Lluvia mayor a 1200



## TERRAZAS DE MURO VIVO

Las terrazas de muro vivo son terraplenes que se forman gradualmente a partir del movimiento de partículas de suelo en las labores de cultivo y retenidas por setos de árboles y arbustos en franjas dispuestas sobre curvas a nivel.

Como resultado de su implementación se logra convertir áreas agrícolas en forestales.



## construcción

2. Sobre las curvas se procede a establecer el material vegetal, el cual puede ser con semilla o estaca:

Cuando se realiza con estacas, deberán recolectarse especies de la región que sean de rápido crecimiento (palo mulato o chaká, *Bursera spp*; ciruela mexicana *Spondia spp*). Las estacas deberán de tener una longitud de 30 a 40 cm, con el extremo a plantar en punta. La plantación es en hilera doble a tresbolillo con distancias promedio de 15 a 20 cm entre planta.





## construcción

3. Una vez establecida, deberá mantenerse a una altura promedio de 60 cm y el material resultante de la poda deberá de colocarse aguas arriba de la terraza con el objetivo de establecer un dosel que disminuya la erosión y vaya conformando la terraza.





## construcción

Se remueve una faja de terreno de 50 cm a ambos lados de las líneas de estacas y se siembran las plantas que vayan a usarse. En todos los casos estas plantas pueden sembrarse en hileras dobles, tresbolillo o triángulo y distanciados desde 15 a 20 cm y hasta 3 a 5 m dependiendo de la especie.





## BARRERAS DE PIEDRA EN CURVAS A NIVEL

Conjunto de rocas colocadas en curva a nivel formando cordones de forma continua, perpendiculares a la pendiente.

Debe existir suficiente piedra para su construcción.



- Se recomienda para terrenos con presencia de erosión hídrica laminar moderada.
- Su altura no debe exceder los 40 cm
- Deben existir en la zona, o adyacente a ella, suficientes rocas que garanticen el volumen requerido y que éstas se encuentren aflorando sobre la superficie sin necesidad de excavar para poderlas obtener.



## construcción

1. Con el dato de pendiente se determina la separación entre líneas mediante las formulas de Intervalo Horizontal.
2. Se realiza la pepena de la piedra, procurando que el traslado sea el menor posible.
3. Sobre las curvas se construye una zanja de 10 cm de profundidad (si el suelo lo permite) por 30 cm de ancho, para cimentar y dar estabilidad a la barrera.
4. Sobre la zanja deberán de colocarse las piedras de tal modo que las caras mas planas queden hacia fuera, principalmente las que van a estar en contacto con los sedimentos, en algunos casos es necesario partir las rocas con marro para lograr que las caras sean planas.
5. Se deberá formar una barrera cuadrangular de 30 cm de alto por 30 cm de grosor.



Otra manera de obtener el espaciamiento entre líneas es utilizando datos de erosión actual del terreno en cuestión, los cuales se pueden obtener a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, y dependiendo de este valor se calcula el distanciamiento proyectando a 5 años que es el tiempo mínimo de vida útil de este tipo de obra y durante el cual se supone que se restablece la vegetación.

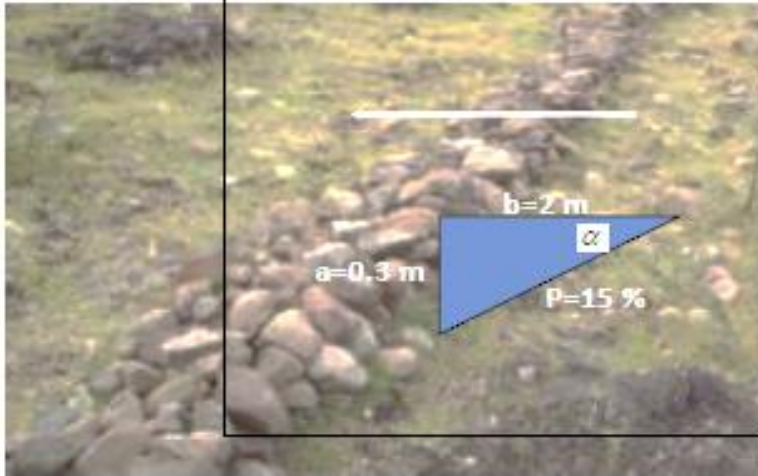




## Ejemplo

Cálculo de espaciamiento de acuerdo a pérdida de suelo.

En una superficie erosionada del ejido San Antonio, municipio de Jesús María, Jal., se determinó una pérdida promedio de suelo de 33 ton/ha/año, la pendiente promedio es de 15%. Para evitar la erosión se realizarán barreras de piedra de 30 cm de alto.



$$P = \tan \alpha = \frac{a}{b} = \frac{0.3}{b} = 0.15$$

$$b = \frac{0.3}{0.15} = 2m$$

$$A = \frac{2 \times 0.3}{2} = 0.3m^2$$

$$V = 0.3 \times 1.4 = 0.42m^3 / m$$

### Ejemplo

1. Determinar la separación de las barreras.
2. Se determina la erosión en 5 años:  $5 \times 33 = 165$  ton
3. La capacidad de retención por metro lineal de barrera es de 0.315 ton.
4. Por lo tanto se necesitan 524 m de barrera para retener las 165 ton, lo que es lo mismo 5.24 hileras de 100 m.
5. Se obtiene la separación  $100/5.24 = 19$  m



## ACOMODO DE MATERIAL VEGETAL MUERTO

Son estructuras de material vegetal resultantes de podas, incendios, aprovechamientos forestales o material muerto, que forman cordones colocados en forma perpendicular a la pendiente siguiendo curvas a nivel.

Tiene la ventaja de proporcionar protección al suelo además de incrementar la humedad, favoreciendo la regeneración natural.



## construcción

1. No tiene un diseño técnico preciso, su distanciamiento puede ser calculado con la formula de Intervalo Horizontal ó bien dependiendo de la cantidad de material puede colocarse a menores distancias de las establecidas. Se recomienda a 10 m.
2. Sobre curva a nivel e asienta el material al suelo podando las ramas y seccionando los troncos mas grandes.
3. Los materiales deben estacarse, unirse con alambre y colocarse postes para tener una mayor resistencia contra la escorrentia.
4. La altura máxima será de 40 cm, el grosor depende del material utilizado, mientras que la longitud mínima de una línea será de 100 metros en una misma curva de nivel, dejando 2 o 3 metros sin material para continuar con otros 100 metros, para en caso de incendio se evite que se propague.





## ROTURACIÓN

Proceso de rompimiento y fragmentación en franjas de capas compactadas, endurecidas, que se encuentra en la parte superficial o subsuperficial del suelo. Puede realizarse con maquinaria, aperos de labranza e instrumentos manuales, con lo cual se permite el establecimiento de plantaciones forestales.





## construcción

1. La profundidad del corte estará determinada por la profundidad de la capa compactada y la especie a plantar, el cual puede ser de 0.40 m-1.00 m.
2. El ancho de cada franja puede variar, recomendándose que para fines de restauración forestal sea de 0.60 m-1.20 m,
3. Cada franja tendrá una extensión de 50 m-60 m separadas por un tabique divisor de al menos 0.50 m.
4. Después de esto se inicia mediante la maquinaria específica con la roturación cuidando que la profundidad de penetración se mantenga uniforme.
5. Debe cuidarse que las raíces de las plantas no queden expuestas a la
6. acción del viento.



## CONTROL DE CÁRCAVAS

**Cárcava.-** Es la forma producida por la socavación repetida del terreno por la escorrentía superficial. Es el volumen del



el  
do  
la  
en  
la

CIÓN

## **CONTROL DE CÁRCAVAS**

Por control de cárcavas se entiende la serie de acciones tendientes a detener el crecimiento de las mismas, reducir la erosividad de la escorrentía y retener el azolve aportado por el área de drenaje, hasta lograr el relleno y/o estabilización del cauce.

Para tener éxito en el control de cárcavas se deben atender también las zonas aledañas (microcuenca) con prácticas de conservación de suelos que pueden ser prácticas mecánicas, vegetativas o agronómicas, o bien actividades de revegetación, control del pastoreo, construcción de zanjas de desviación, entre otras.

**COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN**

**GERENCIA DE SUELOS FORESTALES**

En el control de cárcavas se debe considerar diversos aspectos:

- □ Finalidad del control de las cárcavas
- □ Número, tamaño, localización y pendiente de las cárcavas

- □Características del área como superficie, relieve, vegetación, drenaje y suelos.

## **COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN**

### **GERENCIA DE SUELOS FORESTALES**

El objetivo básico del control de cárcavas es disminuir la velocidad del escurrimiento para reducir o evitar la erosión, así como la captación de los azolves e impedir que lleguen a obras hidráulicas como presas de almacenamiento o hidroeléctricas. Los objetivos del control de cárcavas pueden ser los siguientes:

- □Rellenar totalmente la cárcava para restituir el terreno a la agricultura.
- □Semi-rellenarla y estabilizarla para usarla solo como drenaje
- □Solo estabilizarla para evitar su crecimiento posterior.

## **COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN**

### **GERENCIA DE SUELOS FORESTALES**

Causas de la formación de cárcavas

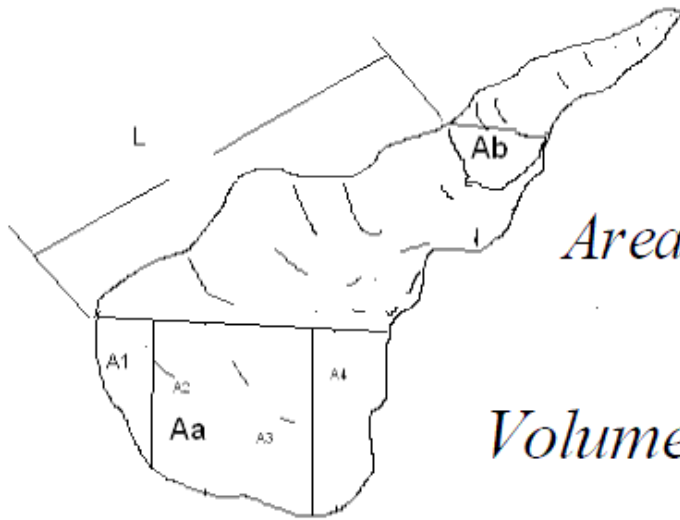
- □Fuentes lluvias en suelos sin vegetación
- □Concentración de escurrimientos superficiales en depresiones naturales
- □Mal diseño y/o falta de mantenimiento en caminos
- □La ruptura de una terraza o un canal
- □Una disminución brusca de la cubierta vegetal
- □Las veredas por donde constantemente pasa el ganado
- □Carreteras sin protección de cunetas

## **COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN**

### **GERENCIA DE SUELOS FORESTALES**



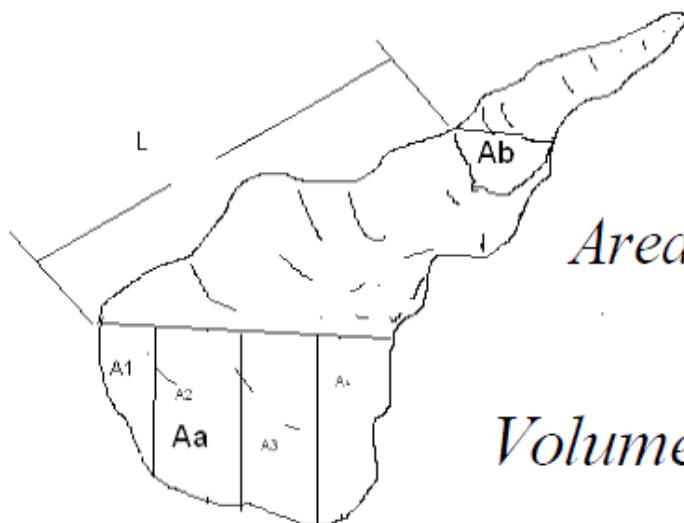
## Cuantificación del volumen de suelo perdido



$$Area_m = \frac{Aa + Ab}{2}$$

$$Volumen = Am * L$$

COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN  
GERENCIA DE SUELOS FORESTALES



$$Area_m = \frac{Aa + Ab}{2}$$

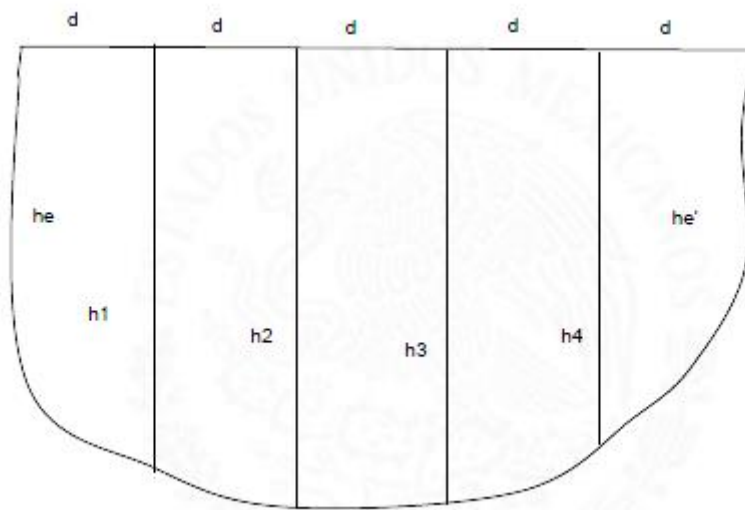
$$Volumen = Am * L$$

## Procedimiento para la cubicación de áreas

- Medir el ancho total de la cárcava o cauce
- Dividir el ancho de la cárcava en porciones iguales, recomendándose una mayor división entre más irregular sea el fondo de la cárcava o cauce.
- Medir la profundidad de cada una de las distancias parciales

Con estos datos se calcula el área de la sección de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$A = d \left( \frac{he}{2} + \sum_{i=1}^n h_i + \frac{he'}{2} \right)$$



## Ejemplo de cálculo

$$A = d \left( \frac{he}{2} + \sum_{i=1}^n h_i + \frac{he'}{2} \right)$$

$$Ab = d \left( \frac{1}{2} + \sum_{i=1}^4 1.10 + 1.24 + 1.45 + 1.35 + \frac{1.15}{2} \right)$$

$$Ab = 3.1075$$

$$Aa = d \left( \frac{0.9}{2} + \sum_{i=1}^4 1.05 + 1.15 + 1.32 + 1.18 + \frac{0.95}{2} \right)$$

$$Aa = 2.8125$$

$$Am = \frac{Ab + Aa}{2} \quad Am = \frac{3.1075 + 2.8125}{2} \quad Am = 2.96$$

## **VOLUMEN DE SUELO PERDIDO**

Volumen = Largo x ancho

Volumen = 8m x 2.96 m<sup>2</sup>

Volumen = 23.68 m<sup>3</sup>

Peso del suelo = 23.68 m<sup>3</sup> x 1.3t.m<sup>-3</sup>

Peso del suelo = 30.784 t

Para realizar el control de cárcavas se debe controlar el crecimiento de éstas en sus tres dimensiones:

- Largo
- Ancho
- Profundidad

**COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN**

**GERENCIA DE SUELOS FORESTALES**

## **Control de longitud**

### **(Cabeceo)**

Su finalidad es evitar la erosión remontante, amortiguando la energía de caída de la escorrentía, mediante un revestimiento de piedra o malla y/o una lechada de cemento para proteger el suelo de desprendimiento por fricción, mientras el

colchón hidráulico al pie de la rápida absorbe la energía de caída ya dentro del cauce.

Se pueden usar también zanjas derivadoras aguas arriba de la cárcava para conducir el escurrimiento del área de captación hacia otros desagües, arroyos o cárcavas estabilizadas

**COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN**

**GERENCIA DE SUELOS FORESTALES**

Para construir éste tipo de estructuras es necesario previamente suavizar los taludes con una pendiente de 30 a 40°, y generalmente esta estructura se acompaña con una presa de control de azolves situada precisamente al pie de la rápida.

**COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN**









**CONTROL**

**DE**

**LA**

## **PROFUNDIDAD**

Para el control de la profundidad, es necesario colocara obstáculos sobre el fondo del cauce (presas). Las presas pueden ser de distintos materiales, dependiendo de las características de las cárcavas y del fin que se persiga. Es importante considerara aspectos como espaciamiento, altura de la cortina, anclaje (empotramiento) y vertedor

## **ALTURA**

Para definir la altura de la presa se debe considerar la influencia que ésta tiene sobre el espaciamiento entre presas y sobre la capacidad de retención de azolve, su costo y

el material de construcción. En presas temporales se recomienda una presa no mayor de 1.5 m, mientras que en las permanentes puede ser de varios metros.

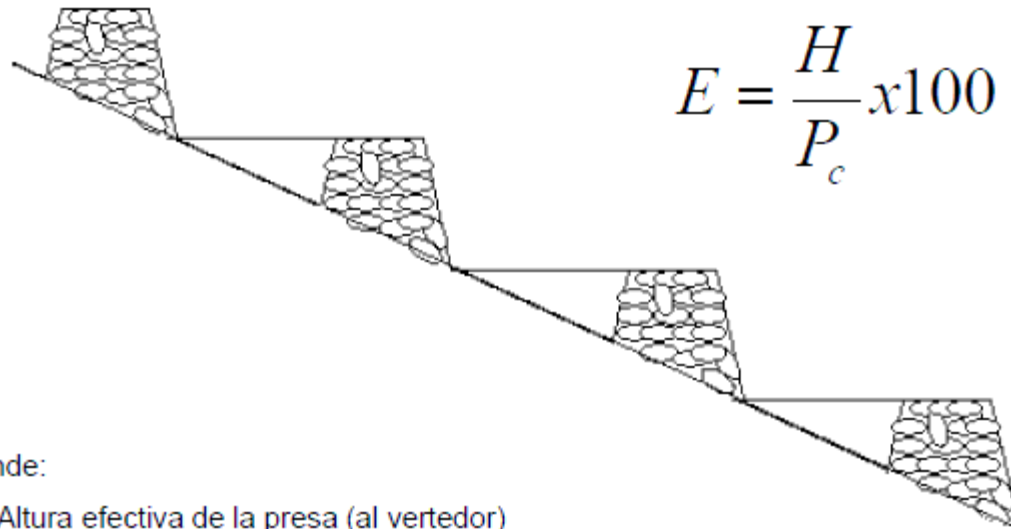
## **Espaciamiento entre presas**

El espaciamiento entre dos presas de control de azolves consecutivas depende de varios factores, entre ellos: la pendiente de la cárcava, los sedimentos depositados o por depositar, la altura de las presas y la finalidad del tratamiento de la cárcava.

El criterio más efectivo es el Pie-cabeza, que consiste en que la altura del vertedor de la presa aguas abajo debe coincidir con el pie de la presa de aguas arriba, también se puede emplear el criterio de doble espaciamiento. Puede diseñarse con el criterio de doble espaciamiento y si no se logra estabilizar se puede construir la presa intermedia.



## Criterio Pie-Cabeza



Donde:

H= Altura efectiva de la presa (al vertedor)

P<sub>c</sub>= Pendiente de la cárcava (%)

## Características de las presas de control de azolves

Tipo	Tamaño de la cárcava	Altura máxima (m)	Propósito	Costo	Otras características
Ramas	Pequeña	1	Detener azolve	Bajo si hay vegetación en la zona	Fácil de construir, poco durable
Morillos	Pequeñas y angostas	3	Detener azolve	Bajo en áreas forestales	Apropiado para zonas forestales
Malla de alambre	Pequeñas y angostas	1.5	Detener azolve	Relativamente bajo	Fácil de transportar y construir
Piedra acomodada	Pequeñas y angostas	3	Detener azolve	Moderado	Recomendable donde hay piedra
Gaviones	Cualquier tamaño	>2	Detener azolve	Alto	Alta durabilidad y eficiencia (Cálculo ingenieril)
Mampostería	Cualquier tamaño	>2	Detener azolve y captar agua	Son las mas caras	Alta durabilidad y eficiencia (Cálculo ingenieril)

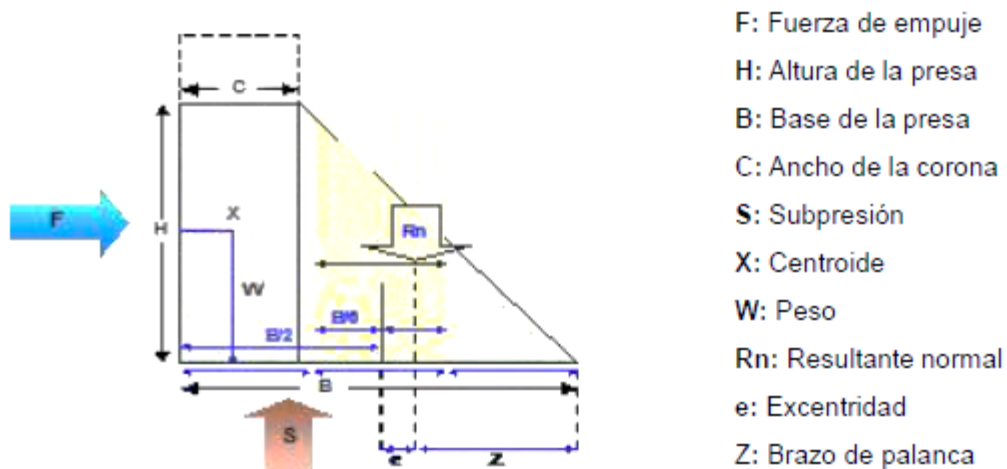
## PRESAS DE MAMPOSTERIA

Las presas de mampostería son estructuras de piedra, arena y cemento, que se construyen perpendiculares a las cárcavas; controlan la velocidad del escurrimiento al formar un escalón que reduce la erosión hídrica y almacenan agua.

Para realizar el diseño de una presa de mampostería es necesario ubicar previamente el lugar donde se va a construir, determinar el área de la cuenca que lo alimenta, estimar o cuantificar el escurrimiento máximo, así como caracterizar a la cárcava en cuestión; ancho, profundidad y tipo de suelo. Generalmente las presas de mampostería, se construyen con la finalidad de cubrir el 100 % de la profundidad de la cárcava.

El tamaño de la base está relacionado con la estabilidad de la presa, en el sentido, de que tiene la función de evitar que el agua socave o derribe la presa. A esto se refieren los libros cuando mencionan que estas presas están catalogadas como de gravedad, ya que es el peso de estas, el que permite que se mantengan en pie.

Partiendo de esto, se calcula el área y el peso de la estructura para poder evaluar si el peso y su diseño son capaces de soportar la fuerza de empuje a la que se va a someter la obra.





En base a la figura anterior, podemos desarrollar la siguiente metodología:

FIGURA	CENTRO DE GRAVEDAD (X)	AREA (A)	XA
RECTANGULO	C/2	CH	C/2 H
TRIANGULO	(B-C)/3 + C	(B-C) H/2	
		E A	E XA

A partir del cuadro 1, podemos generar el centro de gravedad, con la siguiente fórmula:

$$X = \frac{\sum XA}{\sum A}$$

Y posteriormente el Peso (W):

$$W = \gamma_m \sum A$$

Donde:

$\gamma_m$  = Densidad de la mampostería

La densidad de la mampostería, depende en gran medida del tipo de roca con la que se construya la presa. El rango de variación va de 2300 a 2900 kg /m<sup>3</sup> (basaltos vesiculares o tobas a granito o basalto)

Así mismo calculamos la fuerza de empuje de los sedimentos  $\gamma_{az}$   $\frac{H^2}{2}$

Donde:

$\gamma_{az}$  = Densidad de los sedimentos (Se considera que la densidad de los sedimentos puede variar desde 1100 a 1400 kg/m<sup>3</sup>)

H = Altura de la presa

La subpresión del agua, que esta dada por la siguiente fórmula:

Donde:

$\gamma_{az}$  = Densidad de los sedimentos (Se considera que la densidad de los sedimentos puede variar desde 1100 a 1400 kg/m<sup>3</sup>)

H = Altura de la presa

La subpresión del agua, que esta dada por la siguiente fórmula:

$$S = \frac{K \gamma_w H B}{2}$$

Donde:

K = Coeficiente de subpresion determinado por el material sobre el cual se va a asentar la presa (K=0, para roca; K=1/3, K=1/2 y K=2/3 para arena)

B = Tamaño de la base

La resultante normal, a partir de:

$$R_n = W - S$$

Donde:

W = Peso

S = Subpresión

Calculamos el espaciamiento Z, con la formula:

$$Z = \frac{W(B-X) - F(\frac{H}{3}) - S(2\frac{B}{3})}{R_n}$$

Donde:

X = Centroides de la presa

W, B, F, H, S y  $R_n$  = Parámetros ya mencionados

A partir de  $z$ , podemos calcular la excentricidad de la presa, utilizando la siguiente fórmula:

$$e = \frac{B}{2} - 2 \quad R = 600 \frac{e}{B}$$

Donde:

$B$  = Definida anteriormente

Para finalmente calcular  $R$  a través de:

$e$  = excentricidad de la presa.

Este procedimiento, también se le conoce como cálculo por tanteos; porque que en este, se supone una base inicial y se desarrolla este procedimiento hasta obtener una  $R$  que se aproxime a 90%, si la  $R > 90\%$  es necesario aumentar el tamaño de la base y desarrollar nuevamente los cálculos anteriores y si la  $R < 90\%$  se realiza lo contrario.

Posterior a la determinación de la altura de la presa y el tamaño de la base, es necesario calcular las dimensiones del vertedor. El vertedor se calcula en función del escurrimiento máximo por evento estimado, para un período de retorno de 10 años y se usa la siguiente fórmula:

$Q = 1.75 L H^{3/2}$  Donde:

$Q$ : Volumen máximo de descarga ( $m^3/seg$ )

1.75: Coeficiente del vertedor

$L$ : Longitud efectiva del vertedor (m)

$H$ : Carga sobre la cresta del vertedor (m)



Presas de  
ramas





## Presas de Morillos



# Programa de Manejo del Fuego







## Presas de geocostales







# Programa de Manejo del Fuego









|



## Presas de gaviones

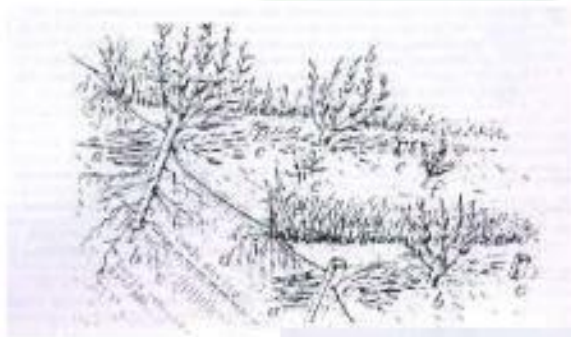


## Control de la amplitud (ancho)

Consiste en la protección de los taludes para evitar la erosión lateral.

Se clavan estacas a una profundidad de 2m, 1 m de distancia entre estacas y 5 a 10 m entre hileras, es recomendable usar estacas de árboles de fácil enraizamiento como sauce, ahuejote, tamarix, leucaena, ciruela espondia, palo mulato, etc. y fardos de maleza.

También se utiliza malla de alambre o malla sombra, así como malla de yute, y se usan además ramas, costales y morillos.





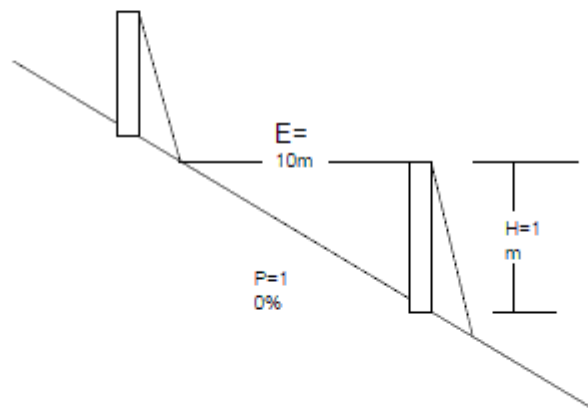






## Cálculo del suelo retenido por obras.

$$E=(H/P)*100=(1/10)*100=10\text{m}$$
$$V=(10\text{m}*1\text{m})/2=5\text{m}^2*3\text{m}=15\text{m}^3$$



Textura del suelo	Densidad aparente (g/ml).	Peso de 15m <sup>3</sup> (t)
Arena	1.8	27.0
Franco arenoso	1.7	25.5
Franco	1.5	22.5
Franco limoso	1.4	21
Francoarcilloso	1.3	19.5
Arcilla	1.1	16.5

Por lo tanto 3m<sup>3</sup> de una presa beneficia a 1 ha,  
o 1m<sup>3</sup> beneficia a 0.33 ha.

## Costos de presas de piedra acomodada.

Concepto	Unidad de medida	Costo unitario	Cantidad requerida.
Limpieza ,trazo y nivelacion y retiro de material.	Jomal	34	1 Jomal
Cimentación	Jomal	34	1 Jomal
Excavacion para empotramiento	Jomal	34	1 Jomal
Construccion del muro	Jomal	34	2 Jomales
Construcción del talud	Jomal	34	1 Jomal
Acarreo	Jomal	34	1 Jomal
Total	Total		7 jomales
Piedra.	1 m3	60	
Flete.	Viaje	27.00	

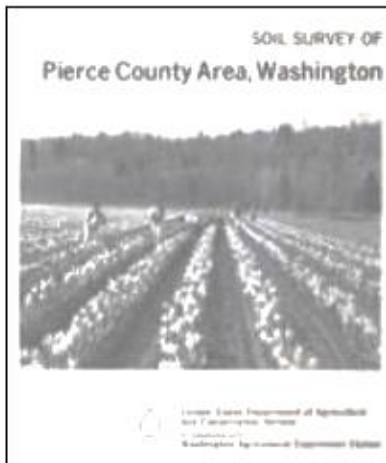
Total 1m3 de piedra acomodada= \$325.00.



## Análisis del terreno

(Ubicación del sitio, características topográficas, climáticas y de vegetación y uso de la tierra).

Levantamiento de Suelo es un inventario científico



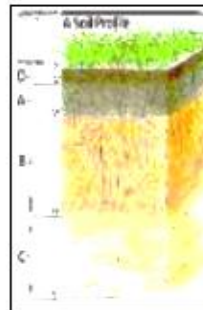
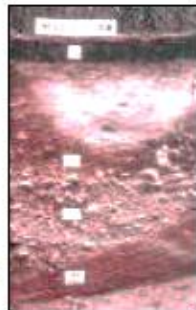
Levantamiento de suelo mapas, descripciones, propiedades, clima y interpretaciones. Estos son excelentes fuentes de información.

Unos 3000 de los condados en los Estados Unidos tienen un levantamiento de suelo.



Los Suelos tienen propiedades física, química y biológicas importantes para su uso

color  
textura  
estructura  
consistencia  
raíces  
poros  
otras  
características



**El suelo es un cuerpo natural de sólidos, líquidos y gases, con horizontes, o capas que tiene la capacidad de soportar plantas.**

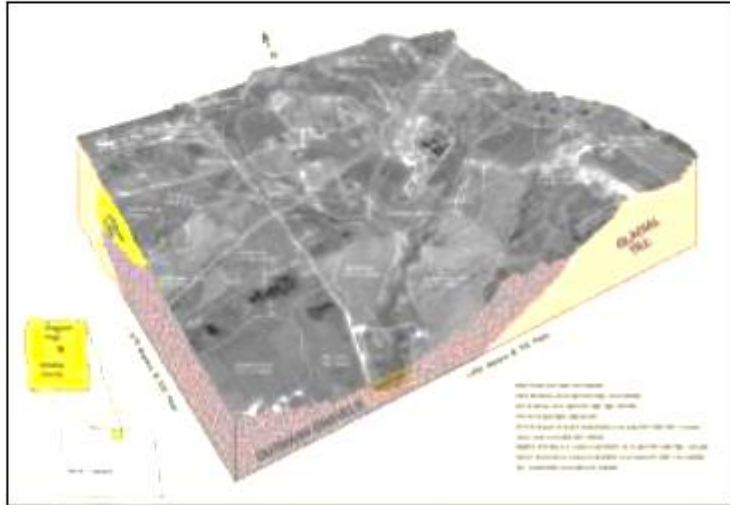
**Pedología, el estudio del suelo, es una disciplina única**

Factores de la formación del suelo determinan la ubicación y el tipo de suelo

Hay mas de 23.000 series de suelo con diversas combinaciones de diferentes pendientes y texturas superficiales en los **Estados Unidos**

**Factores de la Formación del Suelo:**

**Roca Madre**  
**Clima**  
**Organismos**  
**Topografía**  
**Tiempo**



**Roca Madre**





# Clima



# Organismos

Los Suelos sostienen vida



## Tipos de Organismos

bacterias  
hongos  
protozoos  
nematodos  
 artrópodos  
lombrices de tierra

## Funciones y Beneficios

descomposición  
soltar nutrientes  
crear los poros  
estabilizar suelos





## Topografia



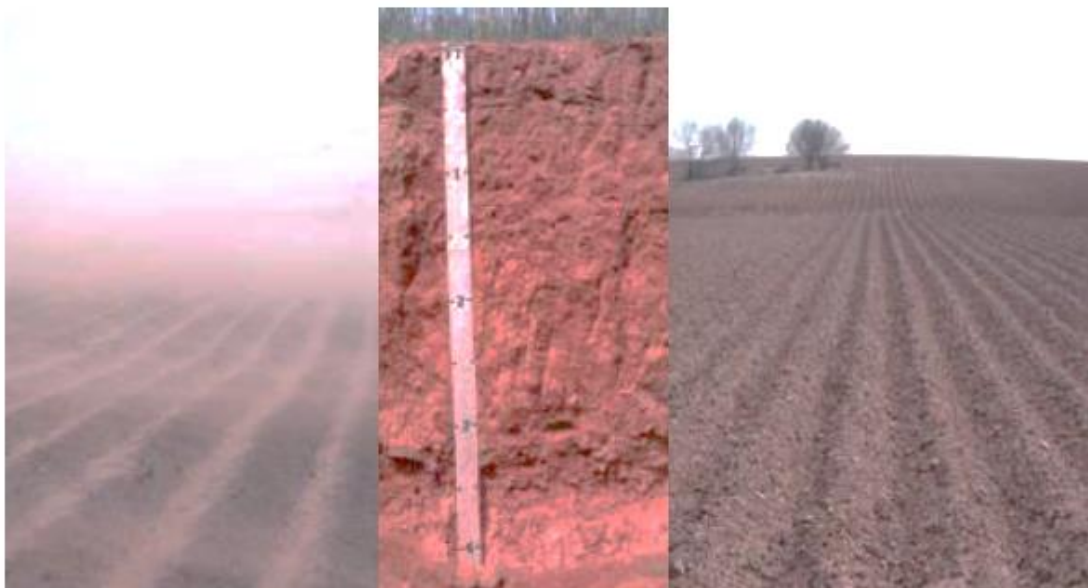
## Topografia



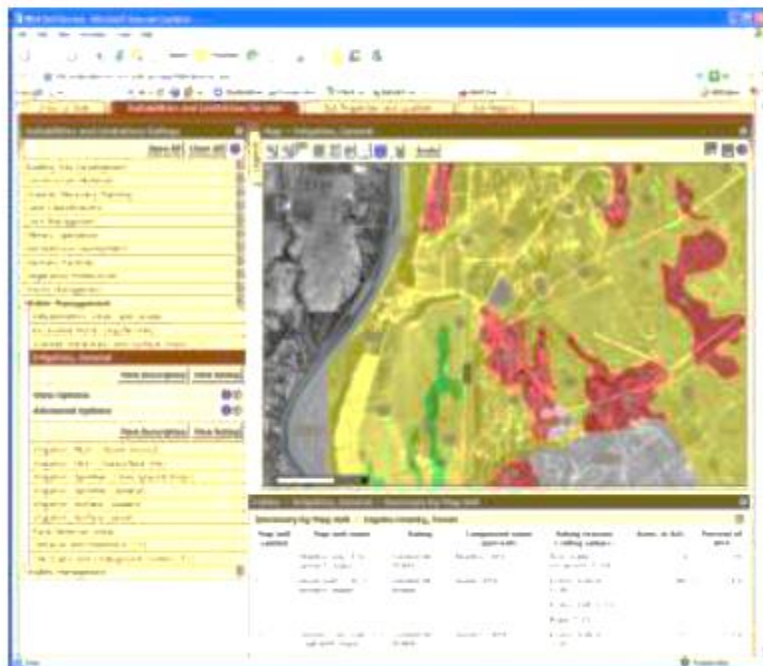
## Tiempo



El Manejo de Suelo afecta a la  
*Soil and site characteristics  
determine the ecological  
site and vegetative  
potential*



Soil Interpretations are why we make soil surveys, and is the focus in all description and soil classification



## Land Capability Classification

### ► Classes and definitions.

► Class I (1) soils have slight limitations that restrict their use.

► Class II (2) soils have moderate limitations that reduce the choice of plants or require moderate conservation practices.

► Class III (3) soils have severe limitations that reduce the choice of plants or require special conservation practices, or both.

► Class IV (4) soils have very severe limitations that restrict the choice of plants or require very careful management, or both.

## **Land Capability Classification**

Class V (5) soils have little or no hazard of erosion but have other limitations, impractical to remove, that limit their use mainly to pasture, range, forestland, or wildlife food and cover.

Class VI (6) soils have severe limitations that make them generally unsuited to cultivation and that limit their use mainly to pasture, range, forestland, or wildlife food and cover.

Class VII (7) soils have very severe limitations that make them unsuited to cultivation and that restrict their use mainly to grazing, forestland, or wildlife.

Class VIII (8) soils and miscellaneous areas have limitations that preclude their use for commercial plant production and limit their use to recreation, wildlife, or water supply or for esthetic purposes.



## Land Capability Classification Subclass



- ▶ *Subclass e* is made up of soils for which the susceptibility to erosion is the dominant problem or hazard affecting their use. Erosion susceptibility and past erosion damage are the major soil factors that affect soils in this subclass.
- ▶ 3e



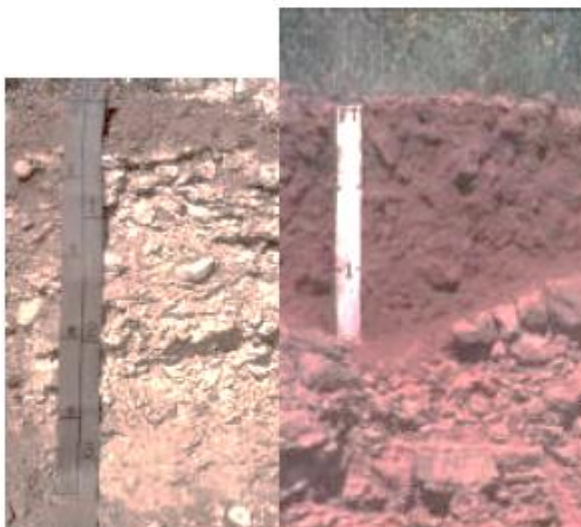
## Land Capability Classification Subclass



- *Subclass w* is made up of soils for which excess water is the dominant hazard or limitation affecting their use. Poor soil drainage, wetness, a high water table, and overflow are the factors that affect soils in this subclass.

► 5w

## Land Capability Classification Subclass



- *Subclass s* is made up of soils that have soil limitations within the rooting zone, such as shallowness of the rooting zone, stones, low moisture-holding capacity, low fertility that is difficult to correct, and salinity or sodium content.

6s

## Land Capability Classification Subclass



- ▶ *Subclass c* is made up of soils for which the climate (the temperature or lack of moisture) is the major hazard or limitation affecting their use.
- ▶ 6c

### Erosion Classes

- ▶ Class 1. This class consists of soils that have lost some, but on the average less than 25 percent, of the original A and/or E horizons or of the uppermost 20 cm if the original A and/or E horizons were less than 20 cm thick. Throughout most of the area, the thickness of the surface layer is within the normal range of variability of the uneroded soil. Scattered small areas amounting to less than 20 percent of the area may be modified appreciably.
- ▶ Evidence for class 1 erosion includes (1) a few rills, (2) an accumulation of sediment at the base of slopes or in depressions, (3) scattered small areas where the plow layer contains material from below, and (4) evidence of the formation of widely spaced, deep rills or shallow gullies without consistently measurable reduction in thickness or other change in properties between the rills or gullies. Figure 3-6 is an example of class 1 erosion.

## Class 1 Erosion

FIGURE 3-6



Sheet erosion. Rills formed as water accumulated in small channels part way down the slope. Sediment was deposited at the foot of the slope.

### Erosion Classes

►Class 2. This class consists of soils that have lost, on the average, 25 to 75 percent of the original A and/or E horizons or of the uppermost 20 cm if the original A and/or E horizons were less than 20 cm thick. Throughout most cultivated areas of class 2 erosion, the surface layer consists of a mixture of the original A and/or E horizons and material from below.

Some areas may have intricate patterns, ranging from uneroded small areas to severely eroded small areas. Where the original A and/or E horizons were very thick, little or no

mixing of underlying material may have taken place. Figure 3-7 is an example of class 2 erosion.

## Class 2 Erosion

FIGURE 3-7



Class 2 erosion. The plowed layer of the light-colored areas is made up mainly of the original surface soil, whereas the plowed layer of the dark-colored areas is a mixture of the original surface soil and an underlying horizon.

### Erosion Classes

►Class 3. This class consists of soils that have lost, on the average, 75 percent or more of the original A and/or E



horizons or of the uppermost 20 cm if the original A and/or E horizons were less than 20 cm thick. In most areas of class 3 erosion, material below the original A and/or E horizons is exposed at the surface in cultivated areas; the plow layer consists entirely or largely of this material. Even where the original A and/or E horizons were very thick, at least some mixing with underlying material generally took place. Figure 3-8 is an example of class 3 erosion.

## Class 3 Erosion

FIGURE 3-8



Class 3 erosion. Gullies at the left require a gully symbol. The rills would be obliterated by tillage. Most of the original surface soil between rills has been lost.

### Erosion Classes

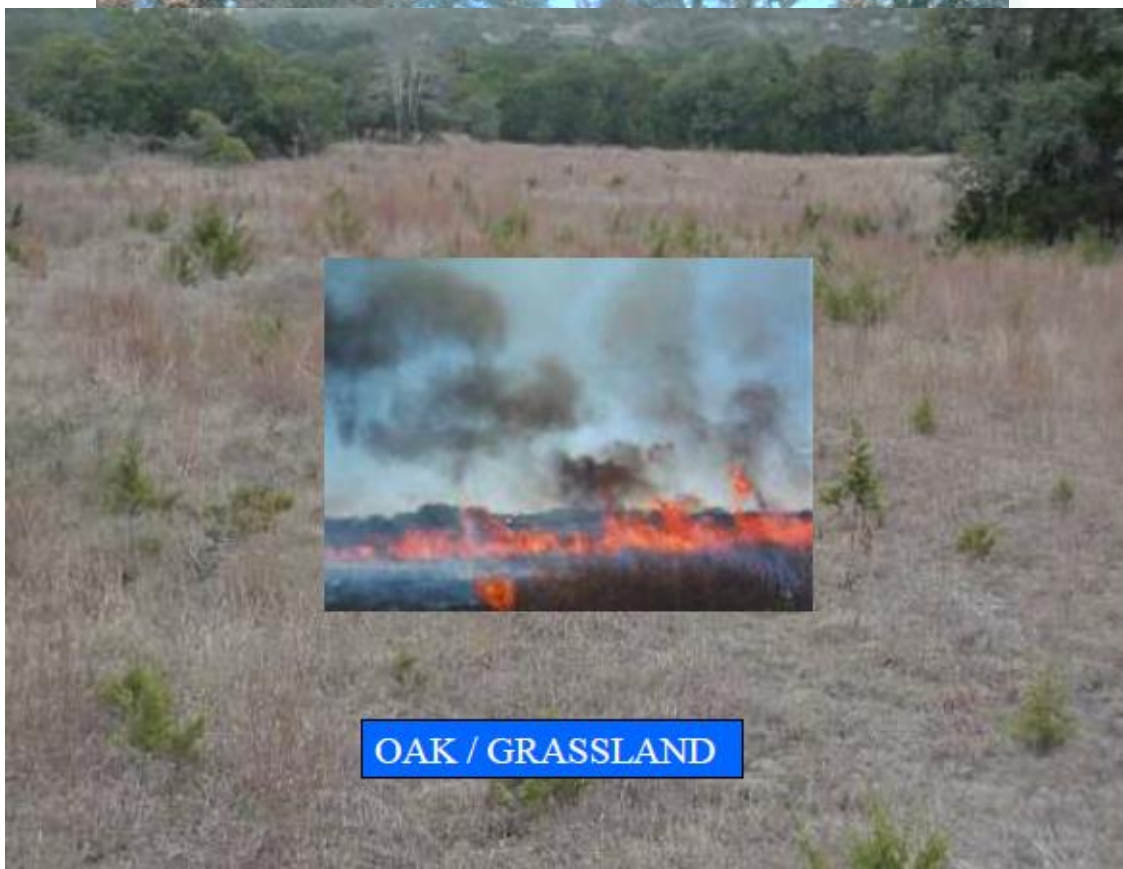
►Class 4. This class consists of soils that have lost all of the original A and/or E horizons or the uppermost 20 cm if the original A and/or E horizons were less than 20 cm thick. In addition, Class 4 includes some or all of the deeper horizons throughout most of the area. The original soil can be identified only in small areas.

Some areas may be smooth, but most have an intricate pattern of gullies. Figure 3-9 is an example of class 4 erosion.

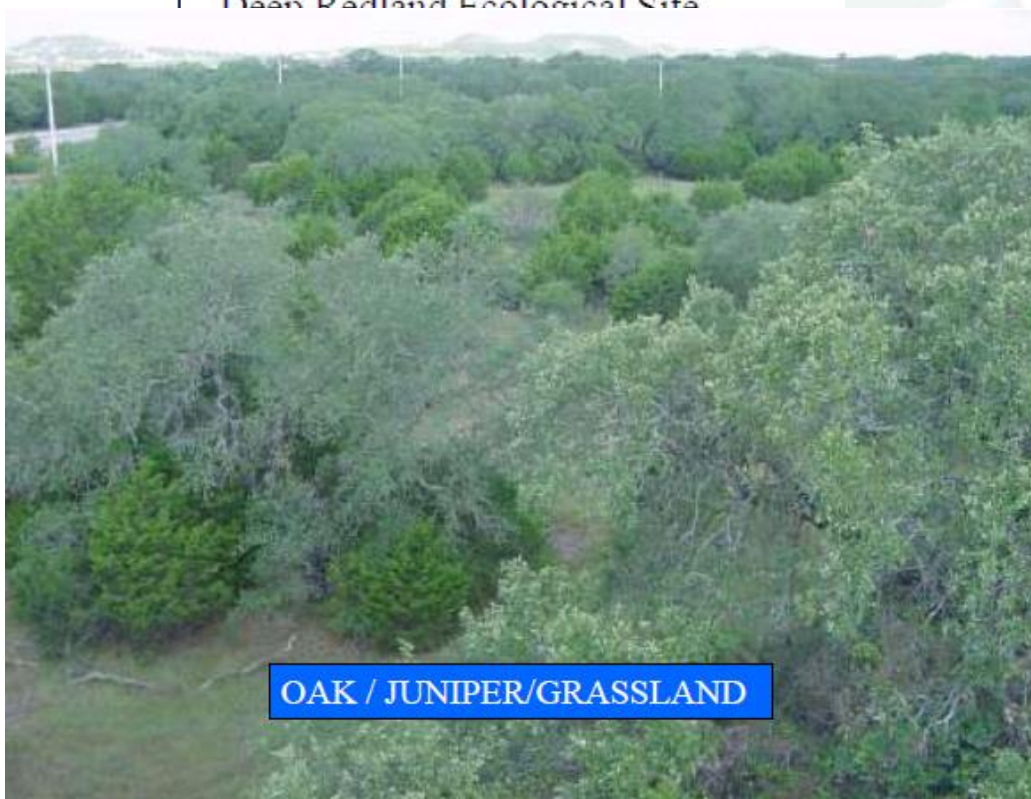
## Class 4



Class 4 erosion intermingled with class 3 erosion. The areas in the middle and left have lost almost all diagnostic biomass. The area in the foreground and far background have class 3 erosion.



## Deep Redland Ecological Site MLRA 81C



OAK / JUNIPER/GRASSLAND





OAK / JUNIPER COMPLEX





## Deep Redland Ecological Site MLRA 81C

